

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky**

**Studium vlivu mechanického napětí na citlivost  
optovláknového interferometru**

**Influence of Strain on Sensitivity of the Fiber Optic  
Interferometer**

**2015**

**Tomáš Moják**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Tomáš Moják**

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Studium vlivu mechanického napětí na citlivost optovláknového  
interferometru  
Influence of Strain on Sensitivity of the Fiber Optic Interferometer

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní princip funkce optovláknového interferometru a typy interferometrů využívaných v praxi.
2. Navrhněte měřicí přípravek pro variabilní nastavení mechanického napětí na optickém vlákně.
3. Změřte vliv mechanického napětí na frekvenční charakteristiky zvoleného typu interferometru.
4. Vyhodnoťte naměřená data.

Seznam doporučené odborné literatury:

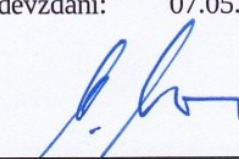
YIN, Shizhuo, Paul B RUFFIN a Francis T YU. *Fiber optic sensors*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, c2008, xiii, 477 p. Optical science and engineering (Boca Raton, Fla.), 132. ISBN 14-200-5365-5.  
LOPEZ-HIGUERA, Jose Miguel. *Handbook of optical fibre sensing technology*. New York: Wiley, 2002, xxix, 795 p. ISBN 04-718-2053-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

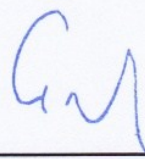
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Kepák**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

  
doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.  
vedoucí katedry

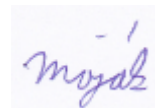


  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 5. května 2015



.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Stanislavu Kepákovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině, která mi poskytla kvalitní zázemí a umožnila mi studovat.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá mechanickým natahováním optického vlákna a vlivem tohoto natažení na frekvenční charakteristiku optovláknového interferometru. Práce obsahuje základní seznámení s teorií související s řešeným problémem a typy interferometrů používaných v praxi. Seznamuje nás s popisem a funkcí přípravku pro mechanické napětí optického vlákna. Je zde popsán způsob sestavení měřicí soustavy spolu s použitými přístroji. Měření obsahuje čtyři různé kombinace požitých úprav optických vláken. Pro jednotlivé konfigurace úprav optických vláken byla zpracována statistická analýza závislosti vlivu natažení na amplitudu signálu dané frekvence.

## **Klíčová slova**

koherence, interference, interferometr, optický senzor, optické vlákno

## **Abstract**

This bachelor's thesis deals with the mechanical tension of the optical fiber and the effect of tension on the frequency response of the optical fiber interferometer. Work includes a basic introduction to the theory related to the problem to be solved and the types of interferometers used in practice. Acquaints with a description and function of the mechanical stretch instrument. There is described a method of assembling the measuring system together with the used device. Measurement contains four different combinations of optical fiber adjustments. For every configuration statistic analysis was compiled based on the effect of stretching on the amplitude of the signal frequency.

## **Key words**

coherence, interference, interferometer, optical sensor, optical fiber

# Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
n		Index lomu
I	W/m <sup>2</sup>	Intenzita záření

# Obsah

Úvod.....	- 10 -
1 Optické senzory.....	- 11 -
2 Koherence vlnění.....	- 12 -
2.1 Časová koherence.....	- 12 -
2.2 Prostorová koherence .....	- 13 -
3 Interference .....	- 14 -
4 Interferometry.....	- 15 -
4.1 Michelsonův interferometr .....	- 15 -
4.2 Sagnacův interferometr .....	- 16 -
4.3 Mach-Zehnderův interferometr .....	- 17 -
4.4 Jaminův interferometr .....	- 18 -
4.5 Fabryho-Pérotův interferometr.....	- 19 -
5 Přípravek pro mechanické napnutí optického vlákna.....	- 20 -
6 Měření a výsledky .....	- 21 -
6.1 Úkony před sestavením měřicí soustavy .....	- 21 -
6.2 Schéma měřicí soustavy .....	- 22 -
6.3 Popis reálného modelu .....	- 22 -
6.4 Sestavení měřicí soustavy a nastavení vhodných parametrů.....	- 24 -
6.5 Měření a použité hodnoty.....	- 24 -
6.6 Statistická analýza naměřených dat.....	- 25 -
6.7 Měření na vláknech s rychlokonektory .....	- 25 -
6.7.1 Naměřené výsledky pro první konfiguraci .....	- 26 -
6.7.2 Statistická analýza dat .....	- 27 -
6.7.3 Shrnutí pro měření na vláknech s rychlokonektory.....	- 29 -
6.8 Měření na vláknech se sekundární ochrannou.....	- 29 -
6.8.1 Naměřené výsledky pro druhou konfiguraci .....	- 30 -
6.8.2 Statistická analýza dat .....	- 31 -
6.8.3 Shrnutí pro měření na vláknech se sekundární ochrannou .....	- 34 -
6.9 Měření na vláknech s primární ochrannou .....	- 35 -



6.9.1	Naměřené výsledky pro třetí konfiguraci .....	35 -
6.9.2	Statistická analýza dat .....	36 -
6.9.3	Shrnutí pro měření na vláknech s primární ochrannou.....	39 -
6.10	Měření na vláknech s kombinovanou ochranou .....	40 -
6.10.1	Naměřené výsledky pro čtvrtou konfiguraci .....	41 -
6.10.2	Statistická analýza dat .....	42 -
6.10.3	Shrnutí pro měření na vláknech s kombinovanou ochranou .....	44 -
Závěr .....		46 -
Použitá literatura .....		47 -
Seznam příloh.....		49 -

## Úvod

Hlavním cílem práce bylo sestavení měřicí soustavy pro zkoumání vlivu mechanického napětí optického vlákna na frekvenční charakteristiku optovláknového interferometru a naměření a zpracování výsledků.

V první části práce se nachází teoretický úvod, který zmiňuje pojmy jako interference, koherence, optické senzory a hlavně interferometry a jejich typy používané v praxi.

Další část práce se zabývá přípravkem pro mechanické napětí optického vlákna. Věnuje se popisu přípravku, způsobu upevnění optického vlákna a jak funguje samotné napínání na námi požadovanou hodnotu.

V poslední části se pak nachází schéma měřicí soustavy, za kterým následuje popis reálného modelu. Jsou zde popsány druhy úprav optických vláken a použité přístroje a zařízení. Nalezneme zde naměřené výsledky spolu se zpracovanou statistickou analýzou dat.

# 1 Optické senzory

Historicky, používání optiky bylo orientováno k velmi jednoduchým sensorům, jako jsou například čtečky karet pro počítače nebo indikátory ke zjištění, zda došlo k vypnutí světel u automobilů. Technologie však přivedla optické senzory k přesně opačnému extrému. Ve srovnání s běžnými senzory, tato zařízení mají o 4 – 5 řádů vyšší citlivost. Obecně platí, že tak vysoká citlivost není pro většinu aplikací, s výjimkou vojenského použití, potřeba. Většina průmyslových snímačů spadá někde mezi tyto extrémy[1].

Optické senzory je možné rozdělit do dvou základních kategorií; fázové a intenzitní senzory. Intenzitní senzory jsou obecně spojeny s posuvem nebo nějakým jiným fyzickým narušením, které reaguje s optickým vláknem. Fyzické narušení způsobí změnu v přijaté světelné intenzitě, což je funkce měřeného jevu. Fázové optické senzory porovnávají fáze světla v měřeném a referenčním vlákně v zařízení známém jako interferometr. Fázový rozdíl může být měřen s extrémní přesností. Fázové senzory jsou mnohem přesnější než senzory intenzitní, nicméně jsou zase dražší. Proto našli své uplatnění hlavně v armádě, kde cena není hlavní faktor. Na druhé straně intenzitní senzory jsou vhodné pro široké použití v průmyslu[1].

Intenzitní senzory detekují množství světla. Ztráta světelné intenzity může být spojena s odrazem, mikroohybem nebo jinými jevy jako absorpce, rozptyl nebo fluorescence. Intenzitní senzory obvykle vyžadují mnohem více světla než fázové senzory, v důsledku toho, že používají velké jádro vícevidových optických vláken. Odrazové a mikroohybové senzory jsou používány nejčastěji. V podstatě to bývají polohové snímače[1].

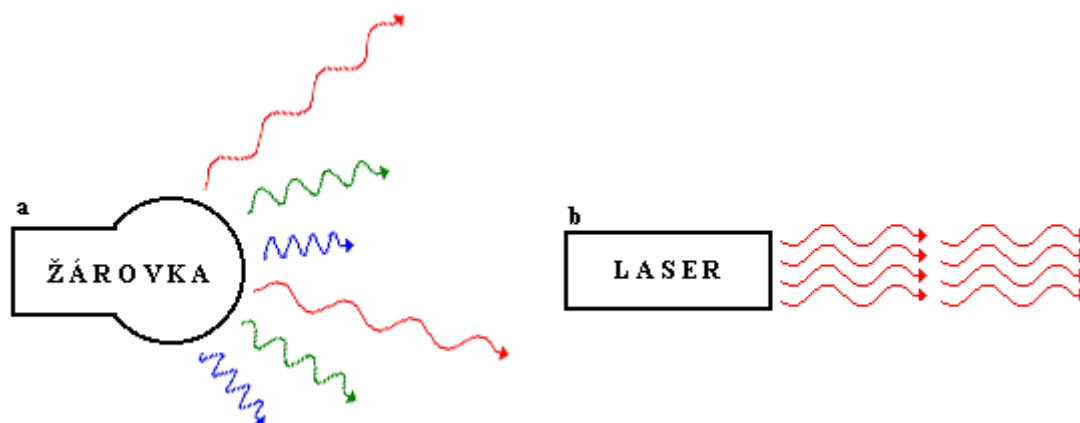
Fázově modulované senzory využívají interferenční metody k detekci tlaku, rotace a magnetického pole, kdy u posledních dvou jmenovaných dochází k největšímu rozvoji. Světelné vlnění ze zdroje je rozděleno na referenční a měřený paprsek, z nichž ten měřený je vystaven působení. Pokud jsou ve stejné fázi, dochází k interferenci za zvýšení intenzity záření, v případě že jsou mimo fázi, dochází k destruktivní interferenci a získaná intenzita záření je menší. K fázovému posunu dochází, pokud u měřeného vlákna dojde vlivem působení ke změně délky nebo indexu lomu, popřípadě obojího[1].

## 2 Koherence vlnění

Významným parametrem optického zařízení je jeho koherence. Jedná se o termín zahrnující statistické vlastnosti světla související mj. s pozorovatelností interferenčních jevů. Koherenci nazýváme souvislost amplitudy a fáze vlnění. Při popisu reálného optického záření je třeba vzít v úvahu jeho náhodné nepravidelné změny způsobené nahodilostí zdroje nebo prostředí[2].

Vlnění o stejné fázi, směru a frekvenci nazýváme koherentní. V běžném životě se však setkáváme se světlem hlavně z tepelných zdrojů. Pokud se na takto vzniklé světlo podíváme z mikroskopického hlediska, zjistíme, že emise světla z těchto zdrojů je značně chaotický proces. Takto vzniklé světlo je značně nekoherentní. Naopak příkladem koherentního záření může být dobře stabilizovaný laser s jasně danými vlastnostmi[2].

Při popisu interference a difrakce koherentního světla se skládají amplitudy pole a vzniká interferenční obrazec, v případě nekoherentního světla se skládají intenzity a interferenční obrazec je nepozorovatelný. Nicméně zcela nekoherentní a perfektně koherentní světlo jsou pouze matematickou idealizací a představují dva krajní případy částečně koherentního světla. Koherenci dělíme na prostorovou a časovou[3].



Obrázek 1.1: *Nekoherentní vlnění žárovky a koherentní vlnění laseru*

### 2.1 Časová koherence

„Časová koherence nám charakterizuje korelace vlny ve dvou různých časech, jinak řečeno jak dobře vlna interferuje sama se sebou. Mírou časové koherence je tzv. koherenční doba, tj. takový interval, během kterého je záření v daném bodě statisticky vázáno a signál složený z původního a zpožděného signálu vykazuje interferenci. Jako praktický parametr se zavádí koherentní délka, je to číslo, které udává vzdálenost od zdroje, dokud si záření udrží jistý stupeň koherence, tj. do kdy je pozorována interference - u částečně koherentního zdroje od jisté délky interference už není pozorovatelná[4].“

## 2.2 Prostorová koherence

„Prostorová koherence je statistická závislost mezi veličinami charakterizujícími

optické záření v jistém časovém okamžiku v různých bodech prostoru. Jejím parametrem je koherentní plocha, je to zjednodušeně řečeno plocha, na které na stínítku pozorujeme interferenci[4].“

### 3 Interference

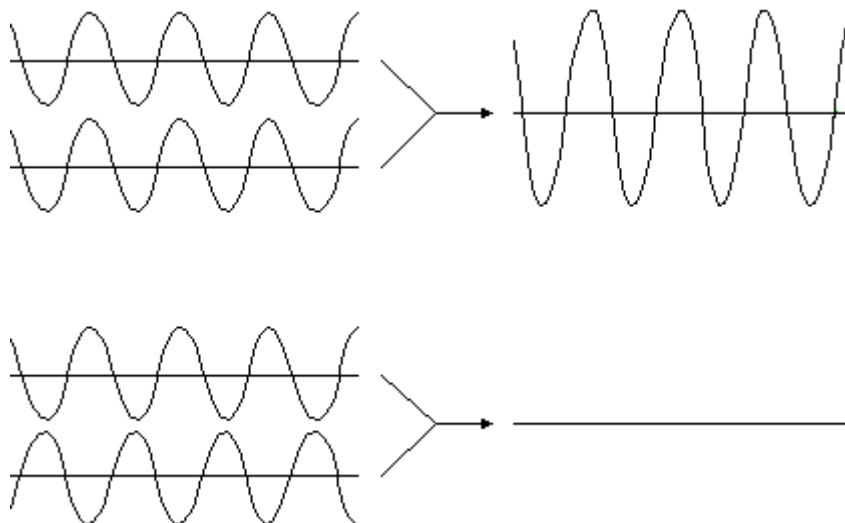
Interference obecně je jev, při kterém dochází k vzájemnému ovlivňování, prolínání či střetu hmoty popřípadě jevů. Interference byla poprvé pozorována roku 1663 Kevinem Boylem. Později se jí zabývali například Robert Hooke nebo také Isaac Newton[5].

V našem případě se však budeme bavit o interferenci světla, což je skládání dvou a více světelných vlnění[6].

Jak interference mechanických vln, tak i interference světelných vln se projevuje podobnými jevy, kterými jsou zeslabování a zesilování vln v místech, kde se nachází jejich interferenční minima a interferenční maxima. Při velmi malé vlnové délce světelných vln však může dojít i k výskytu interferenčního jevu, aniž by se světlo odklonilo od přímého směru šíření. Díky tomu jsme schopni odlišit jevy ohybové, při nichž dochází k šíření světla i do oblastí, které nejsou pouhým přímočarým šířením světelných vln dostupné od jevů ryze interferenčních, kde nedochází k ohybu světla[7].

Interference jako jev, je však většinou pouhým okem nepozorovatelná. Interferenci můžeme pozorovat pouze v případě, že námi pozorovaný jev je stálý a k tomu dochází pouze v případě, jestliže jsou si námi pozorovaná vlnění navzájem koherentní[6].

„Interference je jev, pomocí kterého se ve fyzice dokazuje vlnová povaha zkoumaného fyzikálního jevu. Pokud dojde k interferenci, je vlnová povaha jevu potvrzena. Toho se využívá zejména v kvantové, částicové a jaderné fyzice[8].“



Obrázek 3.1: *Interference vlnění*

## 4 Interferometry

Jedná se o velmi přesné měřicí přístroje založené na interferenci světla. Interferometry můžeme dělit dle více kategorií. Je možné je dělit podle určení (měření délek; určování indexů lomu kapalin a plynů a určení jemné struktury spektrálních čar) nebo na lineární a nelineární[9].

„Lineární interferometr je optické zařízení, které rozděluje vlnu na dvě vlny, které jsou v interferometru rozděleny, fázově zpožděny, je měněn směr, následně opět sloučeny a je detekována intenzita záření při jejich superpozici. Nelineární interferometr je optické zařízení, které při fázovém zpoždění využívá optické nelineární jevy jako závislost indexu lomu  $n$  a na intenzitě záření  $I$ [10].“

Interferometr pracuje na principu snímání dráhových rozdílů vln[11]. Vlna je rozdělena pomocí soustavy odrazných a polopropustných ploch na dva svazky, které urazí určitou vzdálenost. Pomocí zrcadel následně opět dojde ke spojení vln a vzniká interference.

V této práci ovšem pracuji s optovláknovým interferometrem, což je interferometr, kdy vlna není vedena volným prostorem, ale uvnitř optického vlákna. K rozdělení vlny na dvě větve i jejímu následnému spojení dochází pomocí optických děličů. Výhodou optovláknových interferometrů je mechanická stabilita. Naopak nevýhodou mohou být útlumové ztráty na vláknech a konektorech.

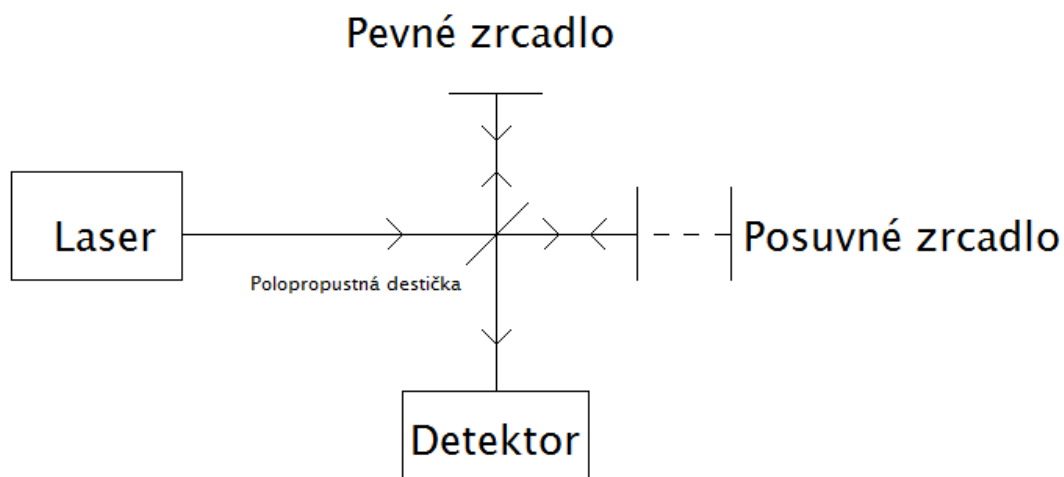
### 4.1 Michelsonův interferometr

V roce 1881 sestavil americký fyzik Albert Abraham Michelson svůj první interferometr. Jeho zdokonalená verze byla poprvé použita roku 1887[12].

Základní konstrukce Michelsonova interferometru se skládá ze zdroje světelného záření, planparalelní (polopropustné) destičky, dvou zrcadel (jedno pevné a jedno pohyblivé) a detektoru[13].

Paprsek světla po dopadu pod úhlem  $45^\circ$  na polopropustnou destičku je rozdělen na dva paprsky se stejnou intenzitou. Světelný paprsek, který se od desky odrazí, dopadá kolmo na pevné zrcadlo. Druhý paprsek, který deskou projde, dopadá kolmo na pohyblivé zrcadlo. Paprsky se následně z obou zrcadel odrazí zpět na polopropustnou destičku, odkud putují částečně zpět do zdroje a částečně do detektoru[13].

Aby mohla být zaručena stejná dráha jak odraženého tak lomeného paprsku, do cesty odraženého paprsku se vkládá kompenzační destička. Jestliže je nastavena stejná vzdálenost mezi zrcadly od bodu, kde došlo k rozdělení paprsků, pak jsou dráhy obou paprsků totožné. Pohybem posuvného zrcadla vzniká dráhový rozdíl paprsků. To se projevuje vznikem interferenčních minim a maxim v závislosti na velikosti tohoto rozdílu[13].

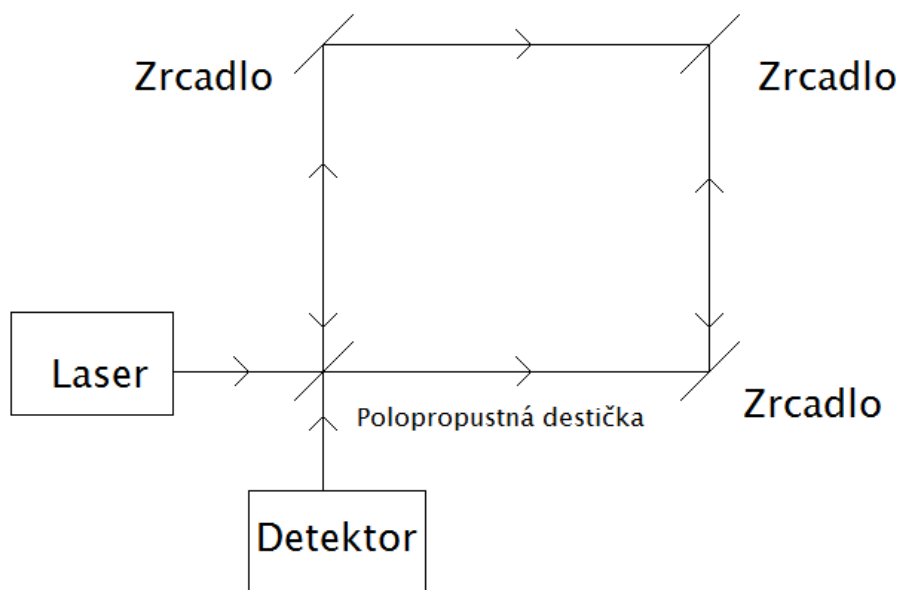
Obrázek 4.1: *Michelsonův interferometr*

## 4.2 Sagnacův interferometr

K objevení tohoto interferometru došlo roku 1913 francouzským fyzikem Georgem Sagnacem[14].

Ze zdroje dopadá světelný paprsek na polopropustnou destičku, kde dochází k rozdělení na dva paprsky. Jedna část projde přes destičku a následně se odráží od zrcadel ve směru hodinových ručiček, zatímco druhá část se od destičky odrazí a putuje odrazem od zrcadel proti směru hodinových ručiček. Celková dráha obou paprsků je stejná, dochází k vzájemné interferenci se stejnou fází. Jestliže bychom však s interferometrem otáčeli, tak paprsek jdoucí ve směru otáčení urazí menší vzdálenost než ten, který jde proti směru otáčení. Paprsky pak spolu budou interferovat s jinou fází[14].



Obrázek 4.2: *Sagnacův interferometr*

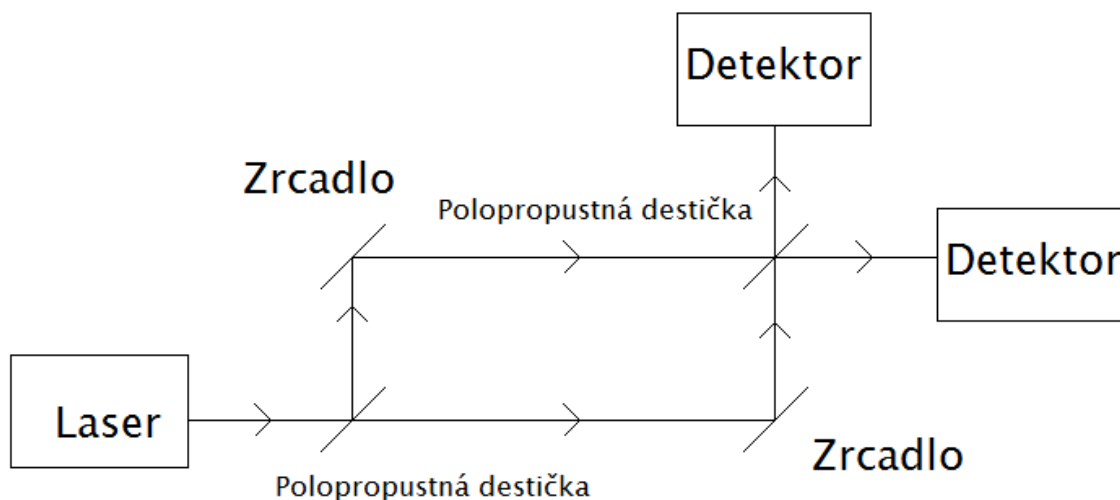
### 4.3 Mach-Zehnderův interferometr

Tento nejpoužívanější interferometr pro výzkum transparentních objektů byl vyvinut v roce 1891 rakouským fyzikem Ernstem Machem a jeho synem Ludwigem a zcela nezávisle na nich švýcarským fyzikem Ludwigem Zehnderem[15].

Paprsek světla ze zdroje dopadá na polopropustnou destičku, kde je rozdělen na paprsek předmětový a referenční. Dochází k úpravě předmětového paprsku mezi dvěma čočkami na paprsek paralelní o větším průměru, který prochází místem pro měření. Podobně jako předmětový paprsek můžeme upravit i paprsek referenční. Oba paprsky poté dopadnou na polopropustné zrcadlo, kde dojde k rozdělení na dvě větve, na kterých jsou detektory s fotocitlivými prvky[15][16].

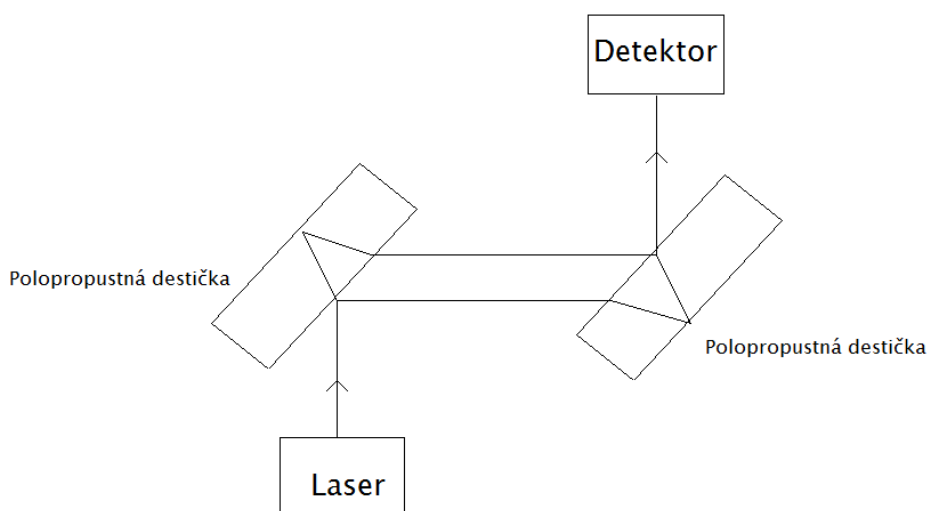
„Machův – Zehnderův interferometr slouží pro přesná měření transparentních objektů, i když není tak citlivý, jako Michelsonův interferometr, u kterého prochází předmětový svazek měřeným objektem dvakrát. Měřicí prostor lze však umístit do dostatečné vzdálenosti od optických prvků a od referenčního svazku, a proto lze toto zařízení používat i pro výzkum objektů generujících do okolí tepelný tok. Přesnost měření lze zvýšit aplikací korekcí na zakřivení paprsků, které jsou účinné právě u interferometrů s jedním průchodem paprsků měřeným objektem[17].“

„Nevýhodou Machova – Zehnderova interferometru je nutnost používat vysoce kvalitní čočky, zrcadla a děliče. Při použití složitějšího uspořádání interferometru lze výrazně zvětšit i průměr zorného pole a rozšířit tak možnost aplikace interferometrie na větší transparentní objekty vyskytující se v mechanice tekutin, v technice prostředí apod[17].“

Obrázek 4.3: *Mach-Zehnderův interferometr*

#### 4.4 Jaminův interferometr

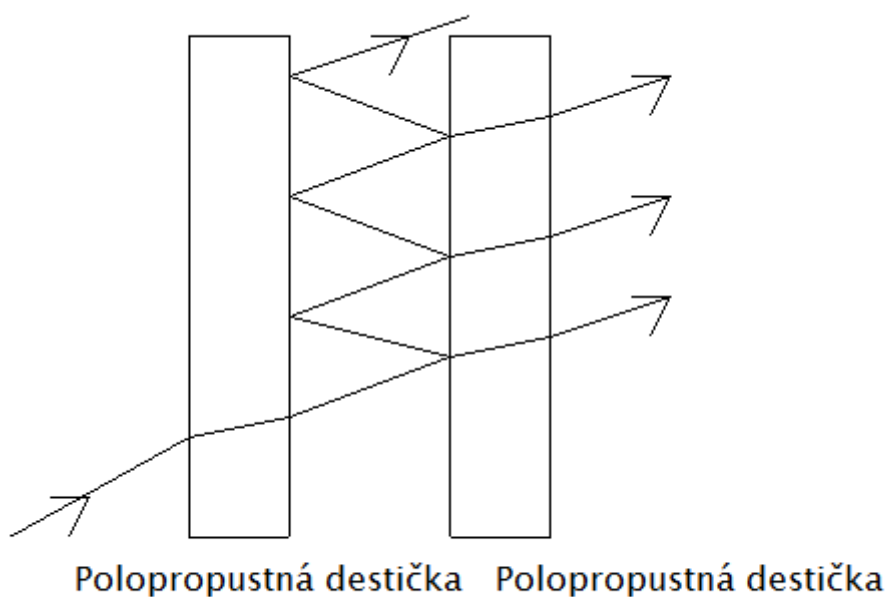
Mezi další interferometr pro měření transparentních objektů můžeme zařadit Jaminův interferometr. Jeho hlavní části tvoří dvě polopropustné desky. Pomocí první desky dojde k rozdělení světelného paprsku ze zdroje na předměťový a referenční. Díky druhé desce pak dojde ke spojení obou svazků a díky odlišným optickým drahám předměťových a referenčních paprsků vzniká interference. Jaminův interferometr patří mezi nejjednodušší interferometry. Své využití našel například v dolech na detekci metanu[18].

Obrázek 4.4: *Jaminův interferometr*

## 4.5 Fabryho-Pérotův interferometr

Tento interferometr spatřil světlo světa v roce 1899, kdy ho zkonstruovali CH. Fabry a A. Pérot. Fabryho-Pérotův interferometr přinesl oproti Michaelsonovu interferometru značné vylepšení. Jeho hlavní prvky jsou dvě desky, které mohou být jak ploché tak zakřivené. Jejich vzdálenost se dá nastavit. Desky jsou polopropustné, avšak z vnitřní strany tvořeny vysoce odraznými plochami, takže příchozí svazek světelných paprsků se mezi těmito dvěma plochami odráží[19][20].

Díky tomu, že svazek projde mezi plochami mnohonásobně, tak je Fabryho-Pérotův interferometr mnohem citlivější než interferometry, kterými projde svazek jenom jednou. V dnešní době je Fabryho-Pérotův interferometr hojně využíván hlavně ve spektroskopii[20].



Obrázek 4.5: *Fabryho-Pérotův interferometr*

## 5 Přípravek pro mechanické napnutí optického vlákna

Je tvořen hlavní hliníkovou konstrukcí, do které se pomocí šroubů upevňují jednotlivé části. Z jedné strany se nachází kovová plocha, která slouží pro upevnění a našroubování siloměru. Siloměr je upevněn na plochu pomocí čtyř šroubů. K siloměru je pak upevněna nepohyblivá část pro upevnění optického vlákna. Skládá se ze dvou kovových ploch, uvnitř kterých je optické vlákno napevno umístěno pomocí dvou gumových ploch, jak můžeme vidět v levém horním rohu na obrázku 5.1. Tyto gumové plochy zamezují prokluzování vlákna. Stejné upevnění optického vlákna je použito i na druhé straně s tím rozdílem, že druhá strana není pevná, ale je posuvná a pomocí mikroposuvu a jeho otáčením dochází k posunu pohyblivé části po kolejnici a k postupnému mechanickému natažení optického vlákna. Tuhle část můžeme vidět na levém spodním rohu obrázku 5.1. Jakou silou působíme, nám pak zobrazuje siloměr, který vidíme na pravé straně obrázku 5.1. Pokud by nás zajímala jednotka délky, o kterou bylo optické vlákno nataženo, pak ji můžeme vyčíst z pravítka na mikroposuvu.



Obrázek 5.1: *Napínací přípravek*

## 6 Měření a výsledky

### 6.1 Úkony před sestavením měřicí soustavy

Před samotným sestavením měřicí soustavy bylo třeba provést několik úkonů. Nejprve šlo o přípravu vlastních vláken, s kterými byly provedeny první testy. Ze špulky optického vlákna jsem si vzal kus potřebné délky, který jsem zbavil 3 mm pláště, aramidové příze i sekundární ochrany. Takto upravené vlákno jsem vložil do napínacího přípravku a testoval, jaké jsou hraniční hodnoty mechanického napětí, abych pak vhodně mohl zvolit rozsahy a hodnoty sil pro měření. Jako hraniční hodnota, u které došlo k prasknutí vlákna, bylo mechanické napětí o síle 10 N. K této hodnotě bych se při měření neměl přiblížit, kvůli možnosti přetržení vlákna.

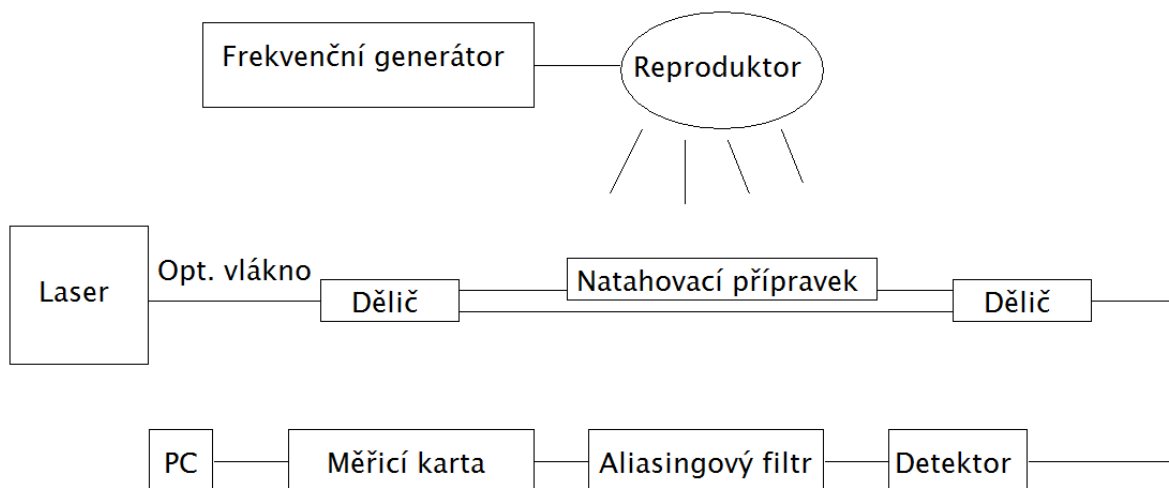
Mezi dalšími kroky bylo vytvoření vláken pro měření včetně rychlokonektorů. Pro měření byla použita optická vlákna o délce 1 m. Opět došlo k odebrání kusu metrové délky ze špulky, vlákno bylo zbaveno 3 mm pláště i sekundární ochrany a následně zaříznuto v řezačce optických vláken. Po důkladném začišťení bylo vlákno zasazeno do konektoru. Takto upravená optická vlákna byla použita pro první měření.

Pro další měření byla použita již vlákna s konektory z výroby. Pro měření byly použity tři způsoby úpravy optických vláken. Nejjednodušší je vlákno s kompletní ochranou, kdy vlákno nebylo zbaveno žádného ze svých ochranných plášťů. Druhý typ úpravy spočíval ve zbavení vlákna ochranného 3 mm pláště a aramidové příze, přičemž byla ponechána sekundární ochrana. Nejnáročnější způsob úpravy vláken bylo odstranění ochranného 3 mm pláště, aramidové příze a sekundární ochrany optického vlákna bez jeho přerušení mezi konektory. Jednotlivé úpravy jsou pak uvedeny na obrázku 6.1.



Obrázek 6.1: Použité úpravy optických vláken

## 6.2 Schéma měřicí soustavy

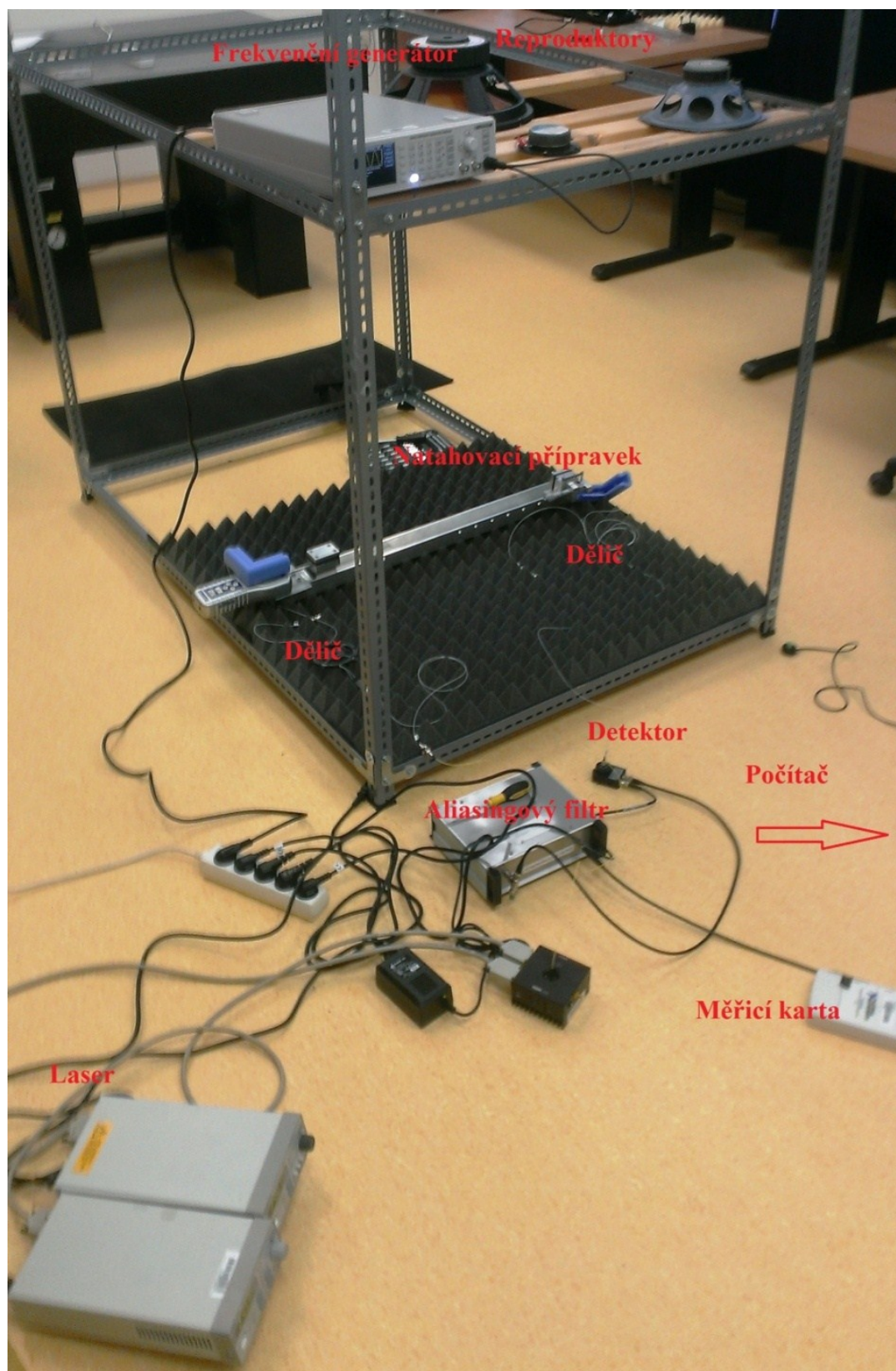


Obrázek 6.2: Schéma měřicí soustavy

## 6.3 Popis reálného modelu

Zdrojem záření je Laser Roithner o výkonu 1,5 mW pracující na vlnové délce 1550 nm. Laser je chlazený pomocí teplotního členu, na kterém se redukuje teplota, aby nedošlo k přehřátí laseru. Pomocí frekvenčního generátoru Rohde Schwarz HMF 2550 jsou nastavovány frekvence ve zvoleném rozsahu. Reproduktor Red Sun Q302 je použit pro rozsah 125 Hz – 1000 Hz a reproduktor Viasound 30-4722 pro frekvence 2000 Hz – 8000 Hz. Optické záření je vedeno optickým vláknem do prvního z optických děličů, kde dochází k rozdělení optického záření na dvě stejné části o polovičním výkonu, oproti výkonu vstupnímu. Jedna větev vlákna je poté mechanicky napínána, zatímco druhá zůstává jako referenční. Obě optická vlákna o stejné délce poté vedou do druhého optického děliče, kde naopak dojde ke sloučení optických záření a k interferenci. Výsledné optické záření je převedeno na signál elektrický pomocí detektoru ThorLabs PDA10CS-EC, který umožňuje změnu zisku v dB. Po detektoru signál prochází aliasingovým filtrem a vzorkování probíhá pomocí měřicí karty NI USB-6210 a softwarového nástroje LabVIEW. Jednotlivé součásti vidíme na obrázku 6.3.





Obrázek 6.3: *Měřicí soustava*

## 6.4 Sestavení měřicí soustavy a nastavení vhodných parametrů

Před finálním sestavením pro měření je třeba důkladně začistit všechny optické spoje, aby nedocházelo k útlumu. Po zapojení všech optických vláken a zajištění napájení u všech přístrojů, které ho vyžadovaly, došlo k upevnění optického vlákna do napínacího přípravku a nastavení příslušné hodnoty mechanického napětí. Frekvenční generátor byl nastaven na požadovanou frekvenci a napojen na vhodný reproduktor. Laser byl zapnut až po nastavení vhodné teploty na chladicím členu. Na detektoru byl nastaven zisk na hodnotu 0 dB a v programu LabVIEW bylo nastaveno snímání na právě měřenou frekvenci.

Tabulka 6.1: *Seznam použitých přístrojů*

Název	Označení	Počet kusů
Laser s teplotním členem	Roithner, 1550 nm, 1,5 mW	1
Optický dělič	SFT-S35-01x02-50-FM1-UPC-UPC, 1310/1550 nm	2
Frekvenční generátor	Rohde Schwarz HMF 2550	1
Reproduktor	Red Sun Q302	1
Reproduktor	Viasound 30-4722	1
Měřicí karta	NI USB-6210	1
Aliasingový filtr		1
Detektor	ThorLabs PDA10CS-EC	1
Siloměr	FG-6005SD	1
Optické vlákno	jednovidové, 1550 nm	~20
Počítač s programem LabVIEW		1
Napínací přípravek		1

## 6.5 Měření a použité hodnoty

V rámci této práce proběhla čtyři měření se čtyřmi různými kombinacemi optických vláken. Měření pro každou jednotlivou frekvenci a sílu natažení bylo provedeno desetkrát. V tabulkách naměřených hodnot u každé konfigurace se nacházejí již průměrné hodnoty z těchto deseti měření. Kompletní výsledky jsou k nalezení v přílohách.

Tabulka 6.2: *Použité frekvence*

Zvolené frekvence
125 Hz
250 Hz
500 Hz
1000 Hz
2000 Hz
4000 Hz
8000 Hz



Tabulka 6.3: *Použité síly napětí*

Hodnoty mechanického napětí
0 N
1 N
3 N
5 N
7 N

## 6.6 Statistická analýza naměřených dat

U všech naměřených dat proběhla statistická analýza středních hodnot ANOVA pomocí softwaru STATGRAPHICS. Byla zjišťována závislost amplitudy měřené frekvence a hodnoty natažení optického vlákna. Byly splněny podmínky normality výběrů a homoskedasticity pro vykonání ANOVY.

Při analýze rozptylu provádíme testování hypotézy o rovnosti středních hodnot:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Kde  $\mu_1$  je střední hodnota amplitudy pro natažení 0 N,

$\mu_2$  je střední hodnota amplitudy pro natažení 1 N,

$\mu_3$  je střední hodnota amplitudy pro natažení 3 N,

$\mu_4$  je střední hodnota amplitudy pro natažení 5 N,

$\mu_5$  je střední hodnota amplitudy pro natažení 7 N.

Hlavním výstupem programu je tabulka Anova, ve které nás zajímá pouze parametr P-value, který udává, jestli mezi středními hodnotami jednotlivých tříd existuje statisticky významný rozdíl. V případě, že je hodnota P-value větší než 0,05, pak neexistuje statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami jednotlivých tříd na hladině významnosti 95%. Hladina významnosti již není dále uváděna, ale je platná pro všechna měření.

Jako další vhodný výstup programu STATGRAPHICS byl zvolen vícenásobný krabicový graf, který nám graficky ukazuje rozsah měřených hodnot.

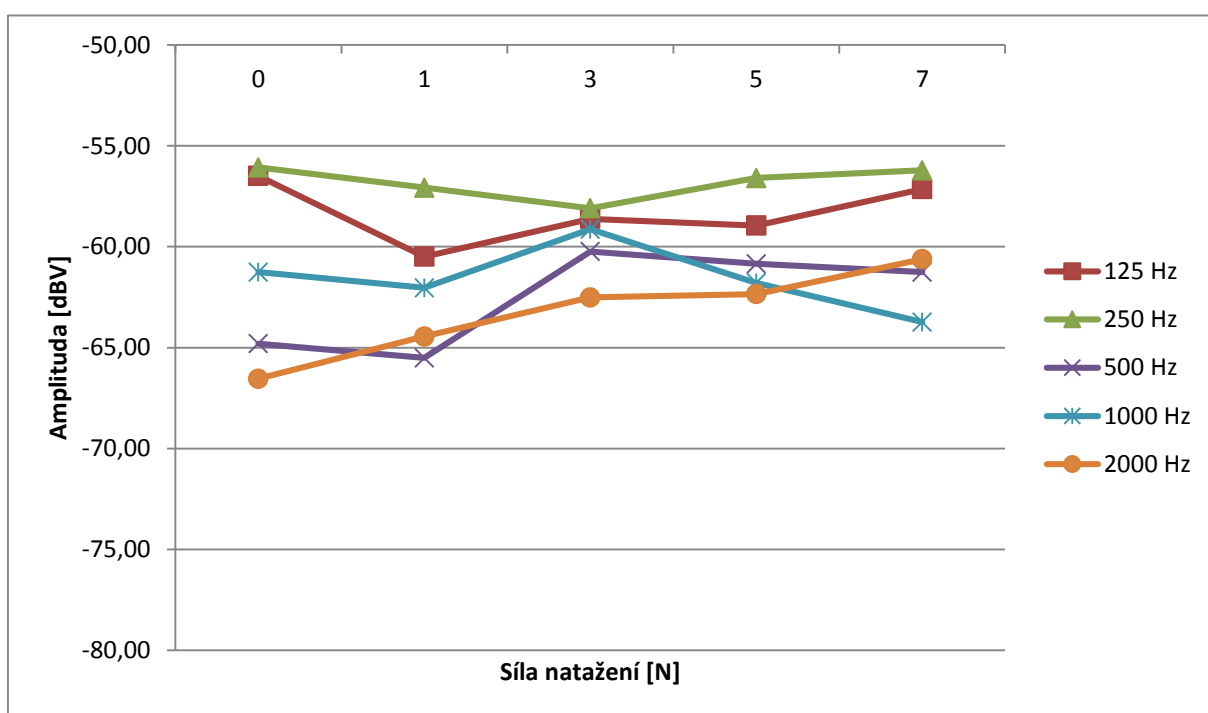
## 6.7 Měření na vláknech s rychlokonektory

První měření probíhalo na optických vláknech s rychlokonektory. Obě vlákna jak natahované, tak referenční byla zbavena ochranného 3 mm pláště i sekundární ochrany. U těchto vláken se projevila necitlivost interferometru na frekvence 4000 Hz a 8000 Hz, a proto nejsou výsledky z těchto frekvencí zahrnuty. Pro měření byla použita vlákna kompletně zbavena všech ochranných prvků.

## 6.7.1 Naměřené výsledky pro první konfiguraci

Tabulka 6.4: Naměřené hodnoty

Natažení [N]	Amplituda [dBV]				
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
0	-56,49	-56,07	-64,80	-61,26	-66,54
1	-60,49	-57,07	-65,51	-62,04	-64,45
3	-58,62	-58,09	-60,23	-59,13	-62,51
5	-58,95	-56,59	-60,85	-61,79	-62,34
7	-57,14	-56,21	-61,26	-63,73	-60,61



Obrázek 6.4: Graf naměřených hodnot

Dle výsledků a grafu na obrázku 6.4 můžeme vidět, že mechanické natažení se nijak výrazně na amplitudě jednotlivých frekvencí neprojevovalo. Pouze u frekvence 2000 Hz se zvyšování síly mechanického natažení projevilo nižší hodnotou frekvence, ovšem u ostatních frekvencí tento trend nebyl zaznamenán. Většina frekvencí si udržela pro jednotlivé hodnoty mechanického natažení velice podobné hodnoty amplitudy. Jako nejvíce citlivé se projevíly frekvence 125 Hz a 250 Hz, ostatní frekvence byly méně citlivé, nejhorší hodnoty dosáhla frekvence 2000 Hz, ovšem frekvence 500 Hz a 1000 Hz od ní nebyly daleko. Celkově první konfigurace dosahovala stabilních výsledků, což ovšem mohlo být způsobeno také absencí dvou frekvencí v měření.

## 6.7.2 Statistická analýza dat

Tabulka 6.5: ANOVA tabulka pro 125 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	99,049	4	24,7623	0,36	0,8391
Vnitřní (reziduální)	3138,31	45	69,7402		
Celkový	3237,36	49			

Tabulka 6.6: ANOVA tabulka pro 250 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	26,6702	4	6,66756	0,08	0,9867
Vnitřní (reziduální)	3534,51	45	78,5447		
Celkový	3561,18	49			

Tabulka 6.7: ANOVA tabulka pro 500 Hz

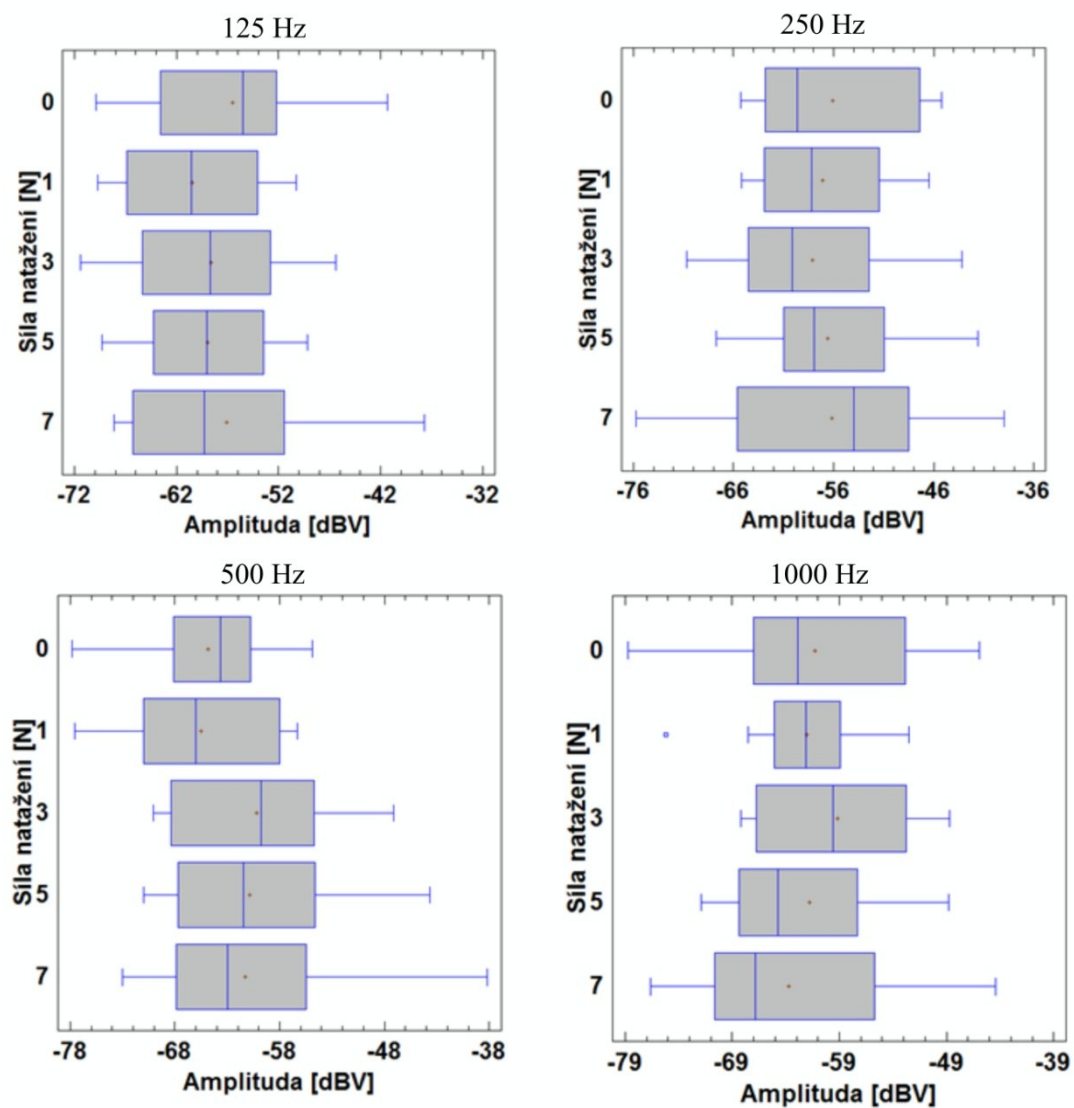
Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	237,755	4	59,4388	0,82	0,5205
Vnitřní (reziduální)	3269,82	45	72,6626		
Celkový	3507,57	49			

Tabulka 6.8: ANOVA tabulka pro 1000 Hz

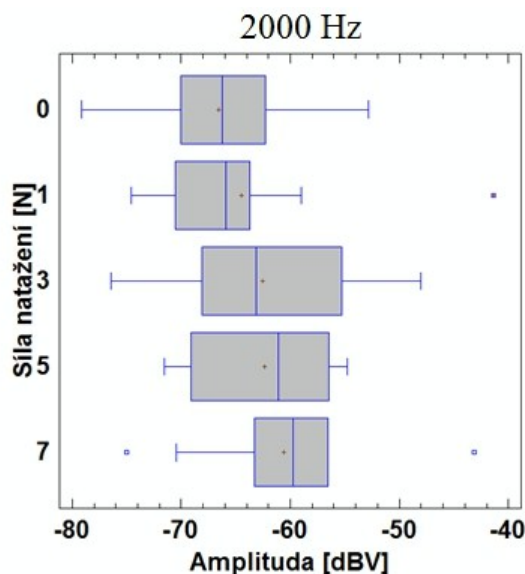
Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	104,799	4	26,1998	0,34	0,8481
Vnitřní (reziduální)	3293,89	43	76,6021		
Celkový	3398,69	47			

Tabulka 6.9: ANOVA tabulka pro 2000 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	197,261	4	49,3153	0,70	0,5966
Vnitřní (reziduální)	3031,65	43	70,5035		
Celkový	3228,91	47			



Obrázek 6.5: Vícenásobný krabicový graf



Obrázek 6.6: Vícenásobný krabicový graf

### 6.7.3 Shrnutí pro měření na vláknech s rychlokonektory

Ze statistických výsledků prvního měření vidíme, že hodnota P-value nikdy neklesla pod hodnotu 0,05 a tudíž neexistuje statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami amplitud pro jednotlivé hodnoty mechanického natažení.

P-value bylo větší než 0,05, tedy  $H_0$  nelze zamítnout.

Na základě uvedených údajů nebyla na vláknech s rychlokonektory potvrzena závislost mezi mechanickým natažením optického vlákna a hodnotou amplitudy pro zvolené frekvence.

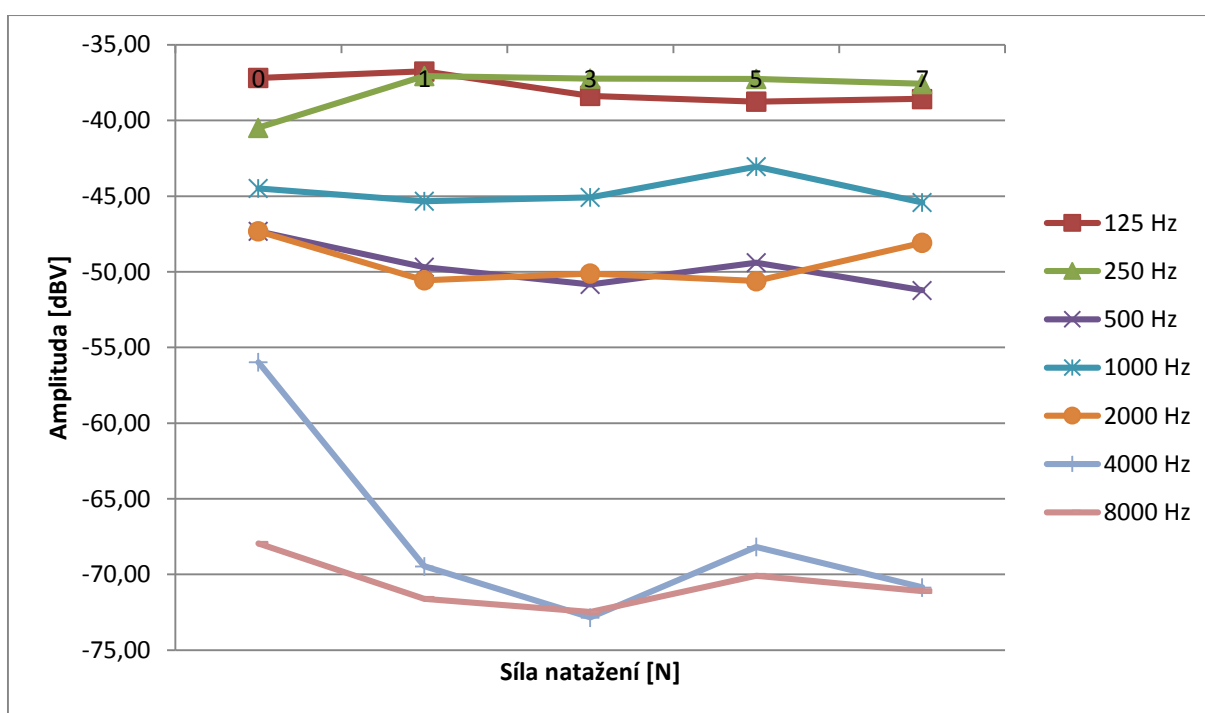
## 6.8 Měření na vláknech se sekundární ochrannou

Pro druhé měření byla použita již vlákna s konektory z výroby. Toto měření již neprobíhalo na úplně stažených vláknech, ale na vláknech, u kterých byla ponechána sekundární ochrana. U měřeného vlákna byla tato ochrana v místech natažení stáhnuta, aby docházelo k mechanickému natažení daného vlákna a ne k natažení těsné ochrany.

## 6.8.1 Naměřené výsledky pro druhou konfiguraci

Tabulka 6.10: Naměřené hodnoty

Natažení [N]	Amplituda [dBV]						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	-37,18	-40,47	-47,32	-44,48	-47,32	-55,97	-67,95
1	-36,75	-37,06	-49,69	-45,33	-50,55	-69,46	-71,60
3	-38,37	-37,23	-50,83	-45,08	-50,11	-72,84	-72,47
5	-38,75	-37,25	-49,39	-43,05	-50,61	-68,18	-70,08
7	-38,57	-37,58	-51,22	-45,41	-48,08	-70,85	-71,10



Obrázek 6.7: Graf naměřených hodnot

Z naměřených výsledků a grafu na obrázku 6.7 vyplývá, že frekvence 4000 Hz a 8000 Hz dosahovaly znatelně horších hodnot než frekvence nižší. Hodnota amplitudy pro frekvenci 4000 Hz byla velmi nestálá a dosahovala znatelně rozdílných hodnot. Ostatní frekvence si hodnotu své amplitudy uchovaly po celou dobu měření přibližně stejnou. Z naměřených výsledků není vidět, že by se změna hodnoty mechanického natažení nějak výrazně projevila na hodnotě amplitudy. Celkově ovšem daná konfigurace vykazovala větší citlivost než první konfigurace, s ostatními konfiguracemi dosahovala srovnatelných výsledků, lepší byla v oblasti frekvence 1000 Hz a 2000 Hz, kde dosahovala pro danou hodnotu natažení lepších hodnot amplitudy.

## 6.8.2 Statistická analýza dat

Tabulka 6.11: ANOVA tabulka pro 125 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	32,2204	4	8,05511	0,13	0,9687
Vnitřní (reziduální)	2687,78	45	59,7284		
Celkový	2720,0	49			

Tabulka 6.12: ANOVA tabulka pro 250 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	82,7466	4	20,6866	0,71	0,5884
Vnitřní (reziduální)	1308,33	45	29,0741		
Celkový	1391,08	49			

Tabulka 6.13: ANOVA tabulka pro 500 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	93,463	4	23,3657	0,58	0,6779
Vnitřní (reziduální)	1809,74	45	40,2165		
Celkový	1903,2	49			

Tabulka 6.14: ANOVA tabulka pro 1000 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	38,1627	4	9,54067	0,55	0,6985
Vnitřní (reziduální)	777,684	45	17,2819		
Celkový	815,846	49			

Tabulka 6.15: ANOVA tabulka pro 2000 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	93,5749	4	23,3937	0,60	0,6622
Vnitřní (reziduální)	1744,98	45	38,7774		
Celkový	1838,56	49			

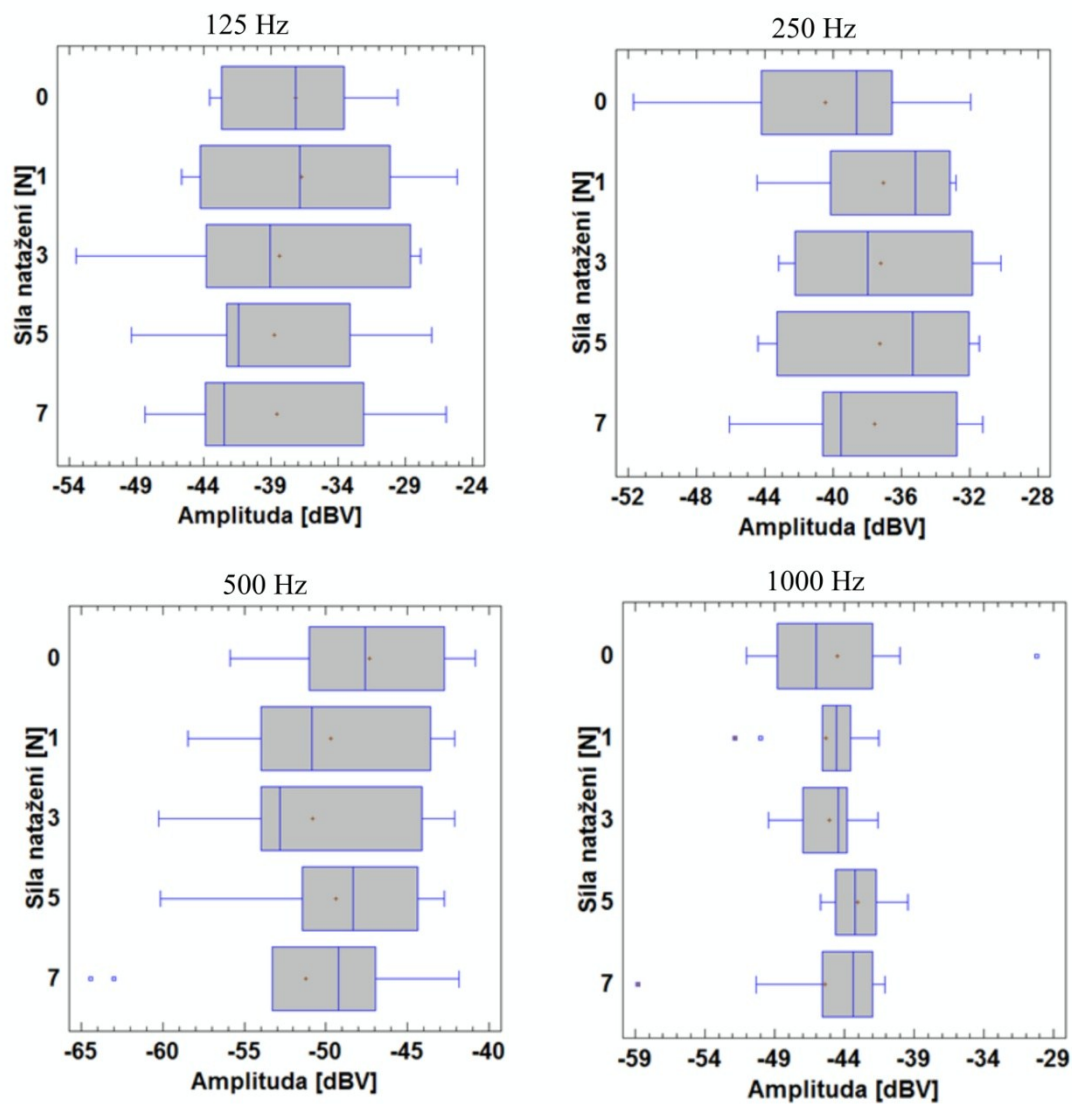
Tabulka 6.16: *ANOVA tabulka pro 4000 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	1769,46	4	442,366	1,02	0,4089
Vnitřní (reziduální)	19578,4	45	435,076		
Celkový	21347,9	49			

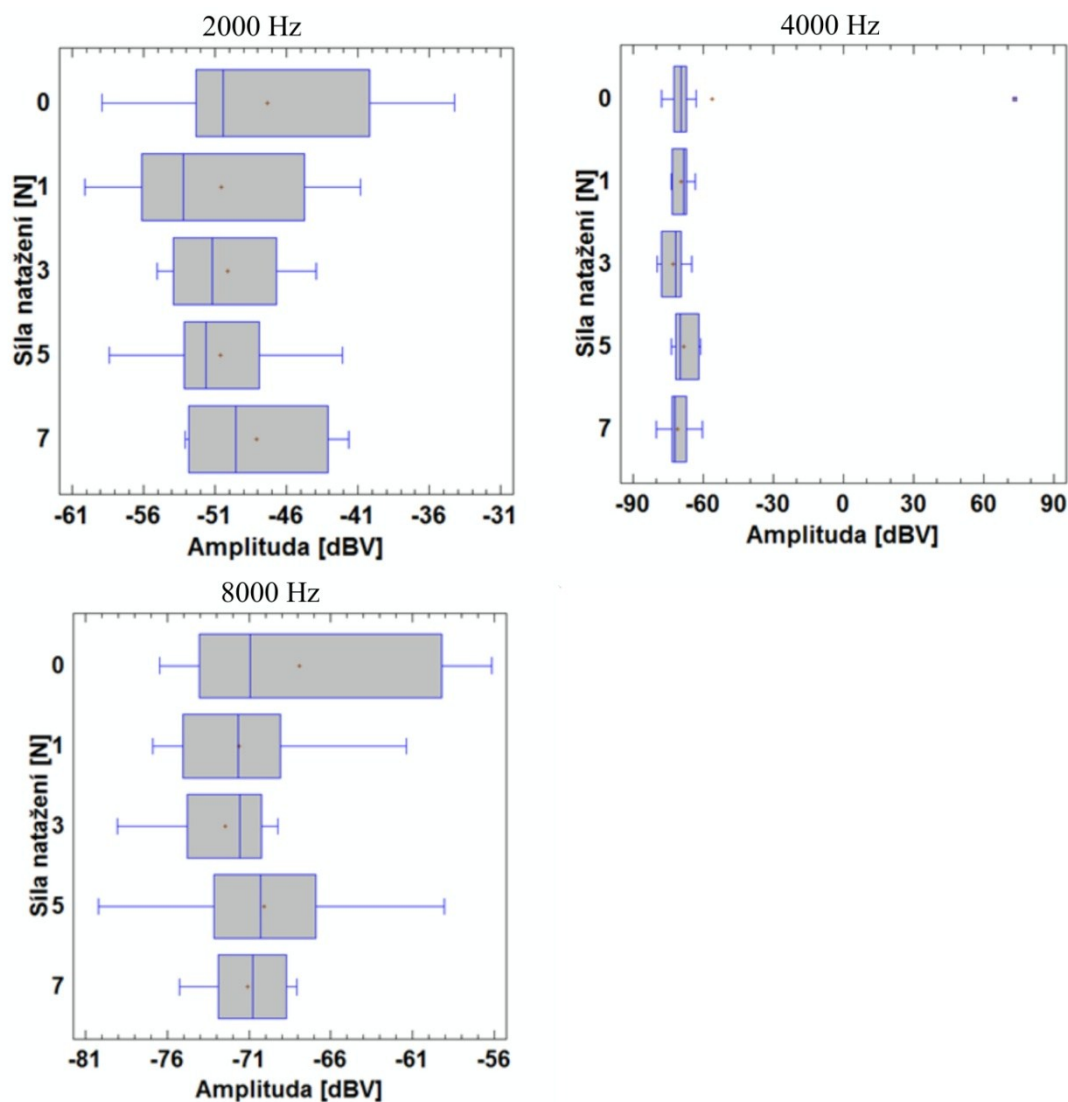
Tabulka 6.17: *ANOVA tabulka pro 8000 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	120,861	4	30,2152	1,07	0,3807
Vnitřní (reziduální)	1266,28	45	28,1396		
Celkový	1387,14	49			





Obrázek 6.8: Vícenásobný krabicový graf



Obrázek 6.9: Vícenásobný krabicový graf

### 6.8.3 Shrnutí pro měření na vláknech se sekundární ochrannou

Statistická analýza výsledků druhého měření opět ukázala, že neexistuje statistický významný rozdíl mezi středními hodnotami amplitud dané frekvence a hodnotou mechanického natažení, což nám dokazuje hodnota P-value, která nikdy neklesla pod hodnotu 0,05.

P-value bylo větší než 0,05, tedy  $H_0$  nelze zamítnout.

Na základě uvedených údajů nebyla pro druhou konfiguraci potvrzena závislost mezi mechanickým natažením optického vlákna a hodnotou amplitudy pro zvolené frekvence.

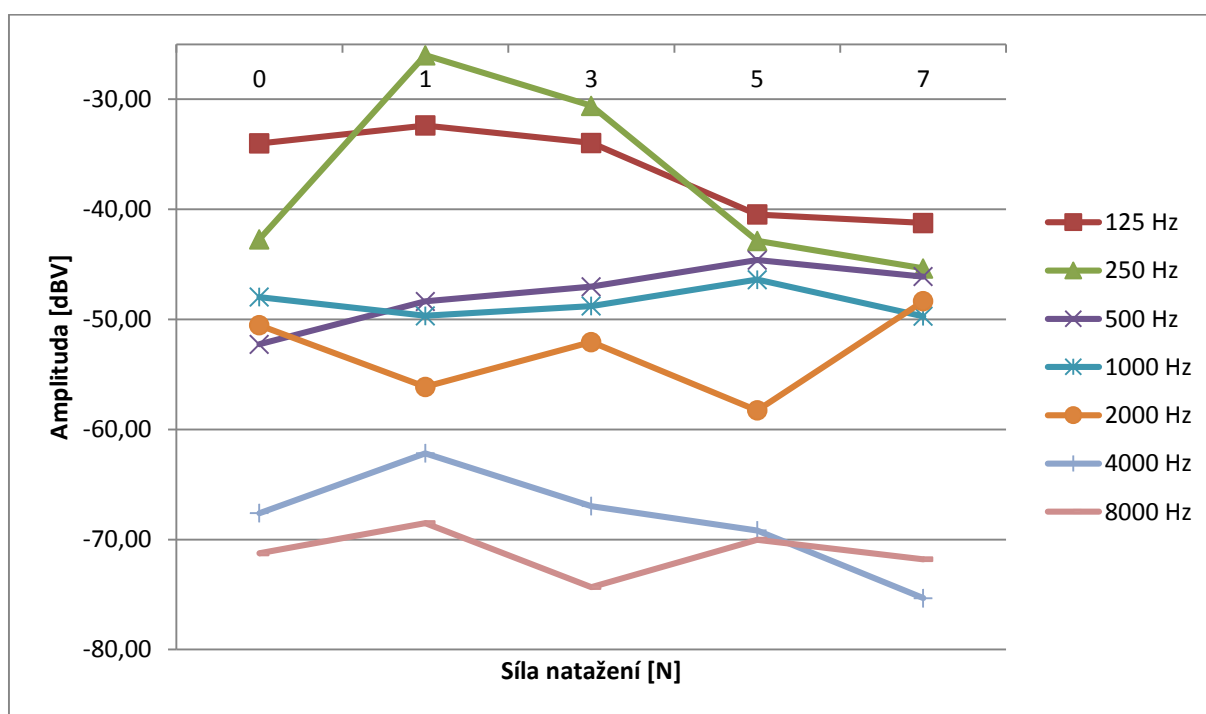
## 6.9 Měření na vláknech s primární ochrannou

Pro třetí měření byla použita opět dodaná vlákna s konektory, která byla zbavena ochranného pláště i sekundární ochrany, tak jako při prvním měření. Jak napínané tak referenční vlákno byly upravené stejně.

### 6.9.1 Naměřené výsledky pro třetí konfiguraci

Tabulka 6.18: Naměřené hodnoty

Natažení [N]	Amplituda [dBV]						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	-34,01	-42,72	-52,26	-47,97	-50,53	-67,60	-71,26
1	-32,38	-26,00	-48,36	-49,67	-56,13	-62,17	-68,51
3	-33,97	-30,59	-47,02	-48,79	-52,06	-66,96	-74,33
5	-40,47	-42,87	-44,61	-46,39	-58,27	-69,17	-70,02
7	-41,23	-45,36	-46,11	-49,72	-48,35	-75,33	-71,79



Obrázek 6.10: Graf naměřených hodnot

Z naměřených výsledků a grafu na obrázku 6.10 můžeme pozorovat, že hodnoty amplitud jsou u této konfigurace oproti ostatním měření značně rozptýleny. Toto mohlo být i způsobeno mikroskopickým poškozením vláken při stahování jejich ochran. Nejhuře opět dopadly frekvence 4000 Hz a 8000 Hz, které ztlačují na citlivosti oproti frekvencím ostatním. Mezi

nejcitlivější frekvence opět patřily frekvence 125 Hz a 250 Hz. U frekvence 250 Hz byly zaznamenány velké rozdíly v hodnotách amplitudy, naopak jako velmi stálá se projevila frekvence 1000 Hz, která vykazovala podobných hodnot amplitudy pro všechny hodnoty natažení.

## 6.9.2 Statistická analýza dat

Tabulka 6.19: *ANOVA tabulka pro 125 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	676,689	4	169,172	7,15	0,0002
Vnitřní (reziduální)	1065,12	45	23,6693		
Celkový	1741,81	49			

Tabulka 6.20: *ANOVA tabulka pro 250 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	2978,2	4	744,551	75,23	0,0000
Vnitřní (reziduální)	445,382	45	9,89737		
Celkový	3423,59	49			

Tabulka 6.21: *ANOVA tabulka pro 500 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	337,335	4	84,3337	10,01	0,0000
Vnitřní (reziduální)	378,988	45	8,42196		
Celkový	716,323	49			

Tabulka 6.22: *ANOVA tabulka pro 1000 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	76,7696	4	19,1924	0,64	0,6347
Vnitřní (reziduální)	1343,28	45	29,8508		
Celkový	1420,05	49			

Tabulka 6.23: *ANOVA tabulka pro 2000 Hz*

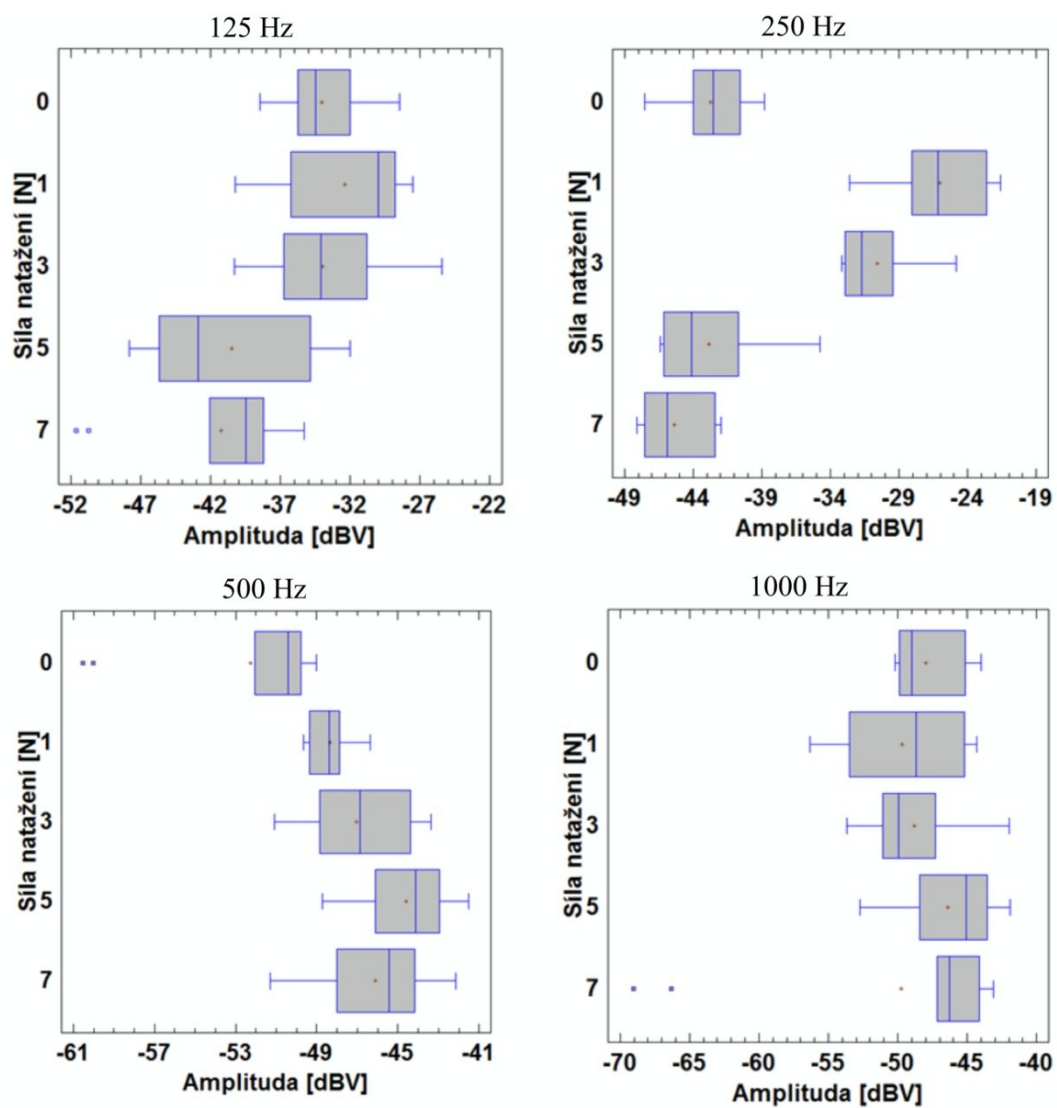
Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	661,857	4	165,464	8,34	0,0000
Vnitřní (reziduální)	893,144	45	19,8476		
Celkový	1555,0	49			

Tabulka 6.24: *ANOVA tabulka pro 4000 Hz*

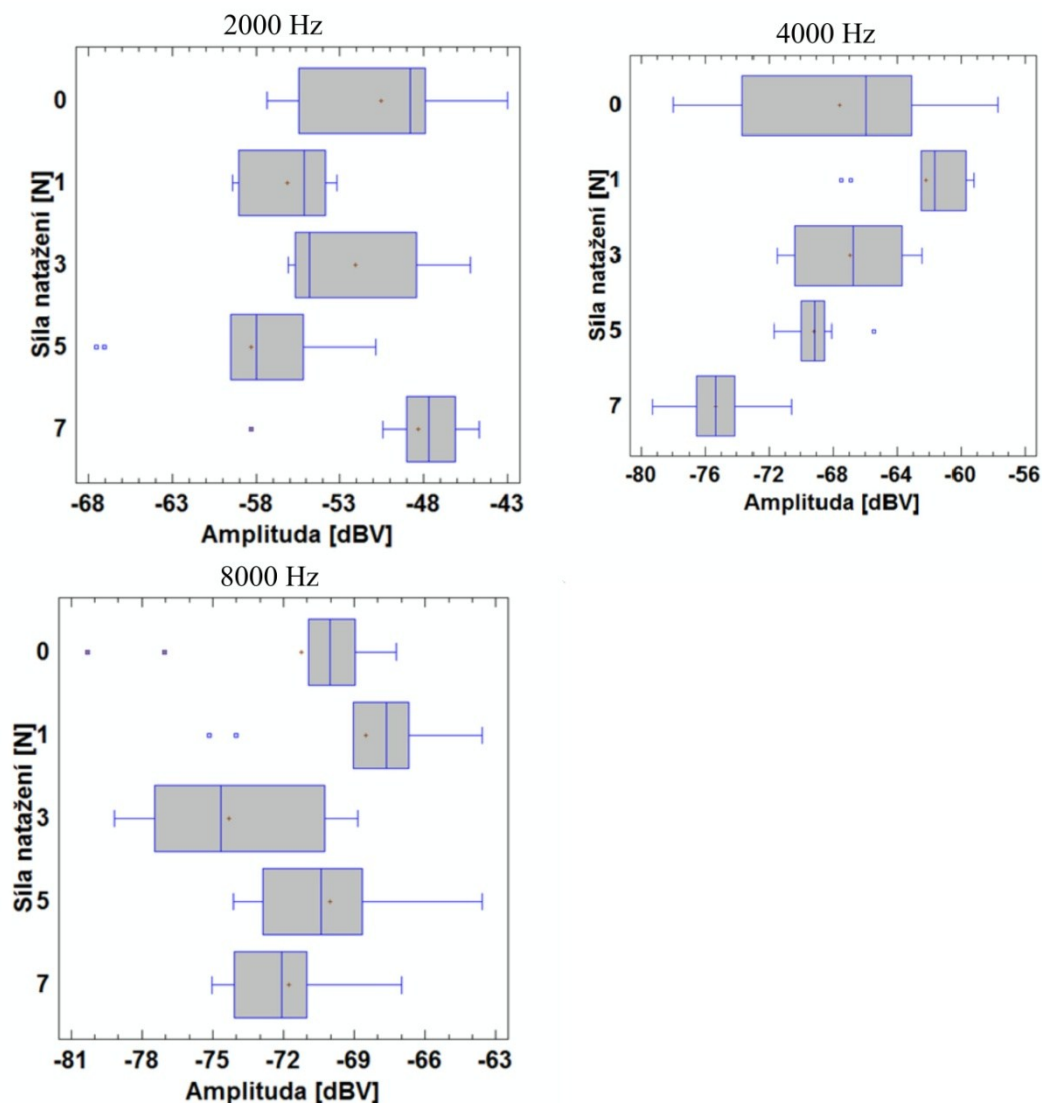
Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	900,695	4	225,174	16,34	0,0000
Vnitřní (reziduální)	620,23	45	13,7829		
Celkový	1520,93	49			

Tabulka 6.25: *ANOVA tabulka pro 8000 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	187,748	4	46,9371	3,75	0,0102
Vnitřní (reziduální)	562,611	45	12,5025		
Celkový	750,359	49			



Obrázek 6.11: Vícenásobný krabicový graf



Obrázek 6.12: Vícenásobný krabicový graf

### 6.9.3 Shrnutí pro měření na vláknech s primární ochrannou

Statistická analýza ukázala, že pro frekvenci 1000 Hz vyšla hodnota P-value větší než 0,05, tudíž u této frekvence nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi amplitudou a hodnotou mechanického natažení.  $H_0$  tedy pro frekvenci 1000 Hz nelze zamítnout.

U ostatních frekvencí však hodnota P-value dosáhla hodnot menších než je 0,05, což znamená, že u těchto frekvencí existuje statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami amplitud pro jednotlivé hodnoty mechanického natažení.

Pro frekvenci 125 Hz nebyl zaznamenán významný rozdíl mezi středními hodnotami amplitud pro natažení 0 N, 1 N a 3 N, avšak byl zaznamenán rozdíl mezi těmito třemi silami

a silou 5 N a 7 N. Mezi hodnotami amplitud pro 5 N a 7 N již však nebyl výrazný rozdíl. Z této statistické analýzy vyplývá, že nižší tři hodnoty síly natažení nemají výrazný vliv a ten se projeví až při natažení na hodnotu 5 N, z které už není třeba zvyšovat sílu natažení na 7 N, protože to nemá výrazný vliv.

U frekvence 250 Hz došlo ke statisticky významnému rozdílu pro hodnoty natažení 1 N a 3 N, které oproti ostatním hodnotám vykazovaly značně lepší hodnoty amplitudy. V tomto případě tedy stačilo optické vlákno natáhnout silou 1 N, aby se projevil vliv natažení. Zvýšením na sílu 3 N nedojde k výrazné změně, tudíž nemá valný smysl. Naopak zvýšením síly na jednu ze dvou nejvyšších hodnot povede ke značnému zhoršení citlivosti interferometru na frekvenci 250 Hz.

Pro frekvenci 500 Hz bylo zaznamenáno zvýšení citlivosti při přechodu z nulového natažení na jakoukoliv hodnotu. Mezi jednotlivými hodnotami pak nebyl výrazný rozdíl, takže pro dosažení lepší citlivosti, stačí optické vlákno natáhnout na 1 N. Mezi jediný výraznější rozdíl, patří ten mezi hodnotami 1 N a 5 N.

U frekvence 2000 Hz vznikly dvě skupiny, které dosahovaly podobných hodnot. První skupina jsou síly 1 N a 5 N a druhá skupina 0 N, 3 N a 7 N. Rozdíly byly pouze mezi hodnotami z těchto skupin, rozdíly v hodnotách uvnitř skupin však výrazné nebyly. Jako nejcitlivější se ukázala síla 7 N, která dosahovala nejlepších a stálých hodnot.

Frekvence 4000 Hz zaznamenala zlepšení citlivosti při přechodu ze síly 0 N na 1 N. S každým dalším zvýšením síly natažení, však došlo k poklesu citlivosti. Pro dosažení nejlepší citlivosti tedy stačilo vlákno napnout silou 1 N.

Pro frekvenci 8000 Hz bylo nejlepších hodnot dosaženo u síly 1 N. Mezi touto silou a silami 3 N a 5 N bylo zaznamenáno zhoršení citlivosti. Dalším a posledním významným rozdílem je rozdíl mezi silami 3 N a 5 N, kdy zvýšením síly natažení došlo ke zhoršení citlivosti. Mezi ostatními hodnotami nebyl zaznamenán výrazný statistický rozdíl.

### **6.10 Měření na vláknech s kombinovanou ochranou**

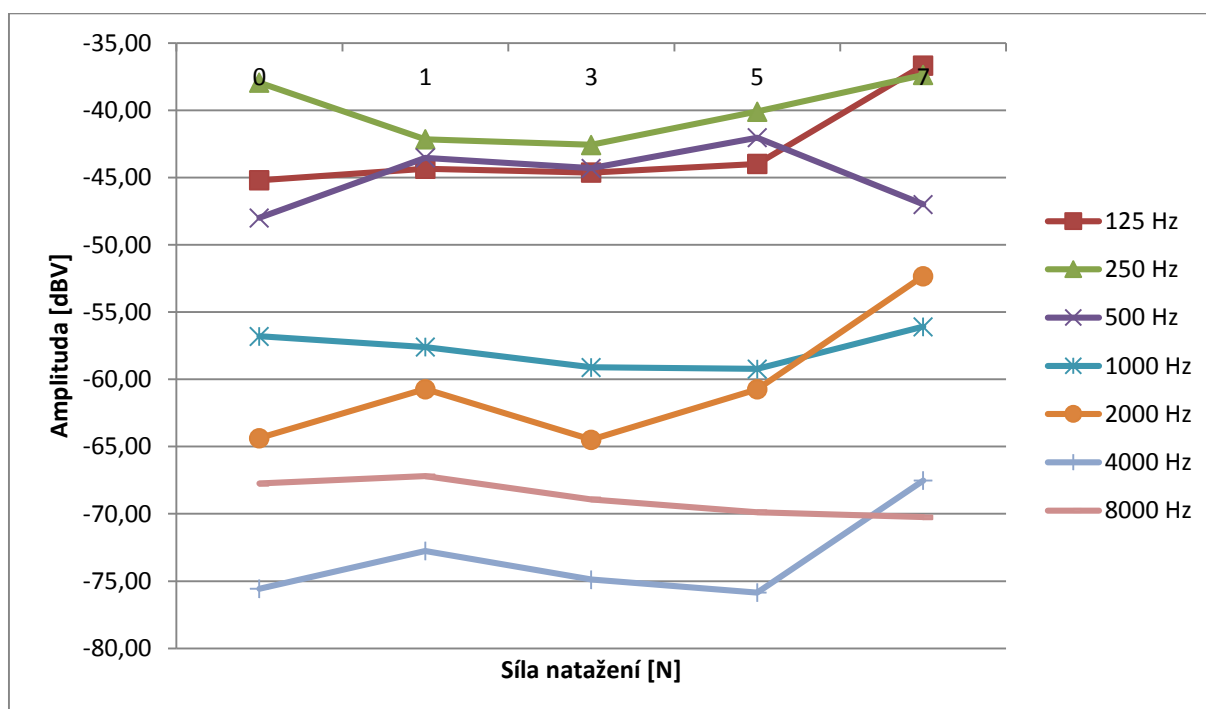
Pro poslední měření byla použita vlákna s rozdílnou ochranou. Měřené vlákno bylo zbaveno jak pláště, tak sekundární ochrany. Vláknu referenčnímu pak byla ponechána plná ochrana včetně pláště a sekundární ochrany.



## 6.10.1 Naměřené výsledky pro čtvrtou konfiguraci

Tabulka 6.26: Naměřené hodnoty

Natažení [N]	Amplituda [dBV]						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	-45,20	-37,94	-47,99	-56,80	-64,37	-75,56	-67,74
1	-44,34	-42,15	-43,53	-57,60	-60,72	-72,76	-67,20
3	-44,62	-42,56	-44,30	-59,10	-64,49	-74,89	-68,92
5	-43,98	-40,09	-42,03	-59,23	-60,74	-75,85	-69,88
7	-36,66	-37,37	-46,99	-56,08	-52,32	-67,52	-70,24



Obrázek 6.13: Graf naměřených hodnot

Z výsledků a grafu na obrázku 6.13 můžeme říct, že mezi nejcitlivější frekvence opět patřily ty nejnižší, v tomto případě 125 Hz, 250 Hz a 500 Hz. Naopak již tradičně na přesně opačném konci se umístily frekvence 4000 Hz a 8000 Hz. Většina frekvencí dosahovala relativně stálých hodnot. Nejvyšší odchylku zaznamenala frekvence 2000 Hz, kde byl výrazný rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou amplitudy.

## 6.10.2 Statistická analýza dat

Tabulka 6.27: ANOVA tabulka pro 125 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	503,66	4	125,915	0,58	0,6755
Vnitřní (reziduální)	9694,06	45	215,424		
Celkový	10197,7	49			

Tabulka 6.28: ANOVA tabulka pro 250 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	223,514	4	55,8786	4,75	0,0028
Vnitřní (reziduální)	529,647	45	11,7699		
Celkový	753,161	49			

Tabulka 6.29: ANOVA tabulka pro 500 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	243,335	4	60,8338	3,80	0,0096
Vnitřní (reziduální)	721,141	45	16,0254		
Celkový	964,477	49			

Tabulka 6.30: ANOVA tabulka pro 1000 Hz

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	77,4537	4	19,3634	1,52	0,2133
Vnitřní (reziduální)	574,336	45	12,763		
Celkový	651,79	49			

Tabulka 6.31: ANOVA tabulka pro 2000 Hz

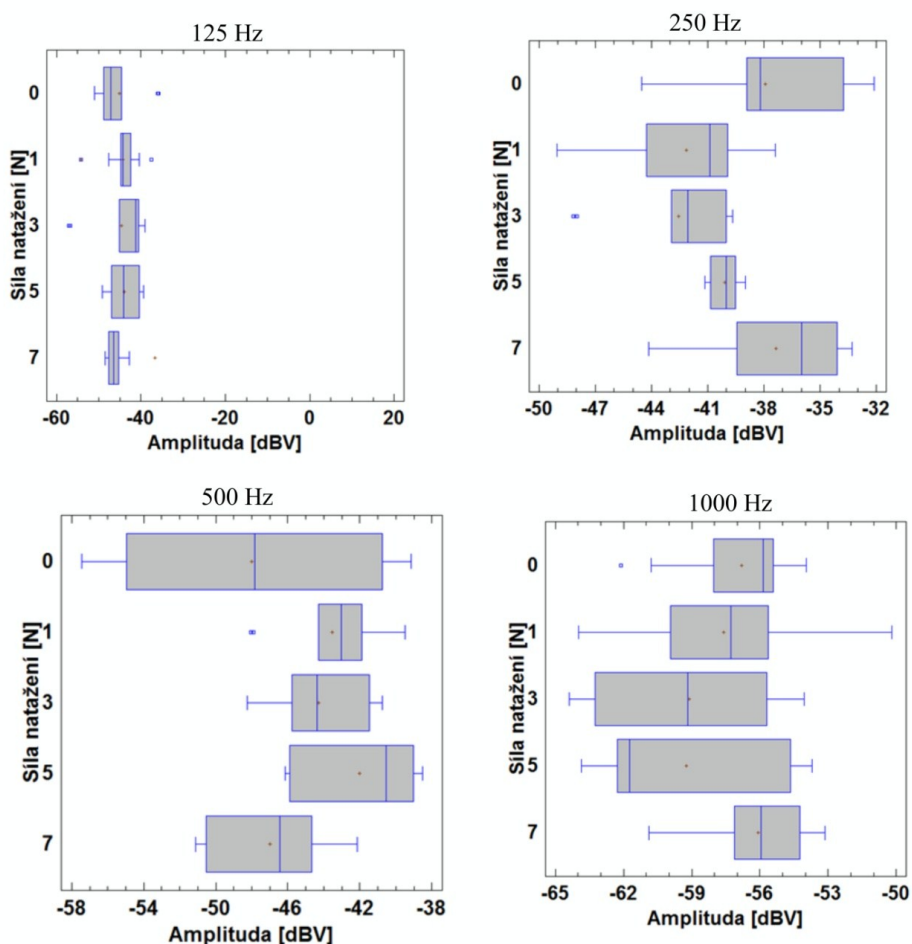
Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	979,441	4	244,86	8,88	0,0000
Vnitřní (reziduální)	1240,84	45	27,5742		
Celkový	2220,28	49			

Tabulka 6.32: *ANOVA tabulka pro 4000 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	478,717	4	119,679	8,00	0,0001
Vnitřní (reziduální)	673,191	45	14,9598		
Celkový	1151,91	49			

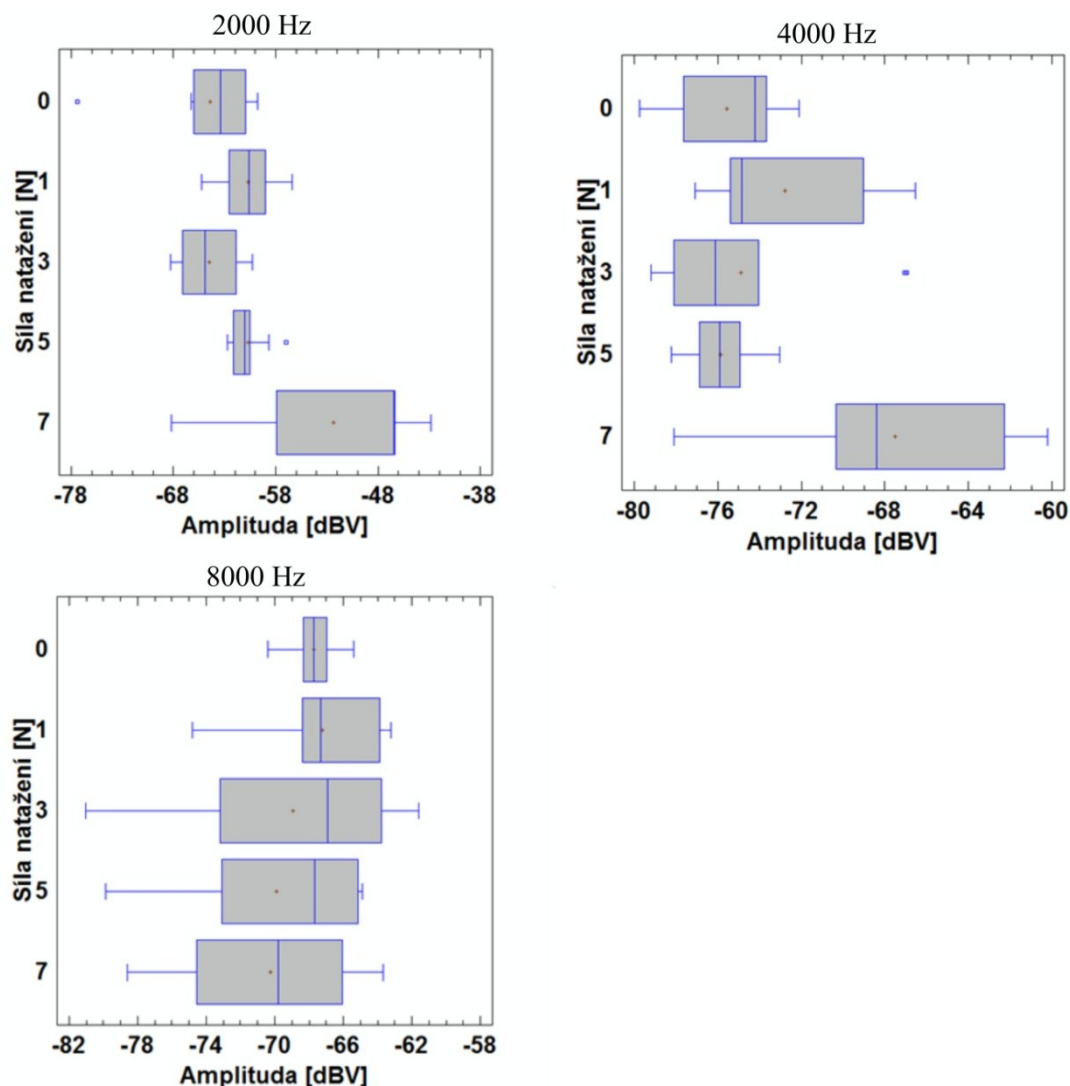
Tabulka 6.33: *ANOVA tabulka pro 8000 Hz*

Zdroj proměnlivosti	Součet čtverců	Stupně volnosti (DF)	Průměrný čtverec	Testová statistika F-poměr	P-Value
Mezitřídní (faktor)	69,1697	4	17,2924	0,74	0,5691
Vnitřní (reziduální)	1050,28	45	23,3395		
Celkový	1119,45	49			



Obrázek 6.14:

*Vícenásobný krabicový graf*



Obrázek 6.15: Vícenásobný krabicový graf

### 6.10.3 Shrnutí pro měření na vláknech s kombinovanou ochranou

Pro frekvence 125 Hz, 1000 Hz a 8000 Hz dosahovala hodnota P-value hodnot vyšších než 0,05. U těchto frekvencí tedy můžeme zavrhnout existenci statisticky významného rozdílu mezi středními hodnotami amplitud daných frekvencí a silou mechanického natažení. Nelze tedy zavrhnout hypotézu  $H_0$ . Nemůžeme tudíž potvrdit závislost mezi hodnotou mechanického natažení a hodnotou amplitudy.

U ostatních frekvencí však hodnota P-value dosahovala hodnot menších než 0,05. To nám ukazuje, že je zde statisticky významný rozdíl mezi středními hodnotami amplitud. Na základě těchto údajů lze potvrdit závislost mezi hodnotou amplitudy pro dané frekvence a hodnotou mechanického natažení.

Pro frekvenci 250 Hz bylo zaznamenáno zhoršení citlivosti při přechodu ze síly natažení 0 N na síly 1 N nebo 3 N. Síly natažení 1 N a 3 N dosahovaly podobných hodnot, mezi nimi a hodnotou 7 N vznikl statisticky významný rozdíl, když došlo nastavením této hodnoty ke zlepšení citlivosti. Mechanické napětí ovšem celkově u této frekvence nemělo velký vliv, protože mezi hodnotami sil 0 N a 7 N není téměř žádný rozdíl.

U frekvence 500 Hz bylo optické vlákno nejcitlivější při síle natažení 5 N. Při zvýšení na 7 N již došlo k poklesu citlivosti. Největší rozdíl byl zaznamenán při přechodu z 0 N na některou z hodnot ze skupiny 1 N, 3 N a 5 N, kde došlo ke zlepšení citlivosti. Mezi samotnou skupinou ani jinými hodnotami již však výrazné rozdíly zaznamenány nebyly.

Frekvence 2000 Hz dosahovala kromě síly natažení 7 N podobných hodnot amplitudy. Byl zaznamenán výrazný statistický rozdíl mezi všemi hodnotami sil natažení a silou 7 N, která dosahovala výrazně lepší citlivosti než síly ostatní.

U frekvence 4000 Hz byly výsledky obdobné jako u frekvence předcházející. Opět jedinou silou, která měla za vliv zlepšení citlivosti, byla síla 7 N, která dosáhla mnohem lepších hodnot než síly ostatní.

## **Závěr**

Konfigurace s vlákny s rychlokonektory vykazovala necitlivost na frekvence 4000 Hz a 8000 Hz. Celkově tyto dvě frekvence u všech měření vykazovaly nejhorší citlivost. Naopak frekvence 125 Hz a 250 Hz vykazovaly ve všech měřeních větší citlivosti, než frekvence ostatní.

U měření na vlákny s rychlokonektory ani u měření na vláknech se sekundární ochrannou nebyla zjištěna závislost mezi hodnotou mechanického napětí optického vlákna a hodnotou amplitudy dané frekvence. To znamená, že se nepodařilo prokázat vliv mechanického napětí na citlivost optovláknového interferometru.

U měření na vláknech s primární a kombinovanou ochrannou se podařila prokázat závislost. Tahle závislost však nebyla prokázána všem hodnotám, ale pouze některým kombinacím. Pro žádnou z měřených frekvencí u těchto dvou konfigurací však nebyla prokázána kompletní závislost, tudíž se zde nevyskytla žádná frekvence, pro kterou by se citlivost zvětšovala či zmenšovala každým zvýšením hodnoty síly mechanického natažení v celém rozsahu. Vždy se jednalo pouze o změnu mezi určitými hodnotami natažení, zatímco třeba ostatní síly ze stejné skupiny dané frekvence žádný rozdíl nezaznamenaly.

Některá optická vlákna mohla být zároveň ovlivněna nechtěným mikroskopickým poškozením při stahování sekundární ochrany. Vlákna byla zároveň velice citlivá na jakýkoliv vnější vliv, což mohlo taky způsobit mírné odchylky v měření.

Pro přesnější a možná i prokazatelnější výsledky by bylo třeba celou soustavu uzavřít do prostoru, ve kterém by měření nemohly ovlivnit žádné vlivy vnějšího prostředí. Mezi další faktory, které by mohly zlepšit a zpřesnit výsledky měření by bylo dodání, buď již stažených vláken přímo z výroby, nebo možnost přístupu k přístroji, který dokáže vlákna bez poškození zbavit potřebných ochran.

## Použitá literatura

- [1] KROHN, D. A. Fiber optic sensors: fundamentals and applications. 2. vyd. Research Triangle Park, NC: Instrument Society of America, 1992, vi, 270 p. ISBN 15-561-7010-6.
- [2] DUŠEK, Miloslav a Jan PERŇINA. Nobelova cena za fyziku v roce 2005 aneb 42 let kvantové teorie optické koherence: Klasická teorie optické koherence. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie [online]. 2006, s. 12 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/141295/PokrokyMFA\\_51-2006-1\\_2.pdf](http://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/141295/PokrokyMFA_51-2006-1_2.pdf)
- [3] DUSEK, Miloslav. Koherence světla. In: [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.academia.edu/3097904/Koherence\\_svetla](http://www.academia.edu/3097904/Koherence_svetla)
- [4] Interferometrie a koherence laserového záření. ČVUT PRAHA. ČVUT, FJFI, Katedra fyzikální elektroniky [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://kfe.fjfi.cvut.cz/kfe/cz/vyuka/optoel/docs/ZPOP\\_03.pdf](http://kfe.fjfi.cvut.cz/kfe/cz/vyuka/optoel/docs/ZPOP_03.pdf)
- [5] FYZIKA V POZADÍ Elektromagnetické vlny: Interference světla. In: [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://techmania.cz/edutorium/art\\_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be920766c6e79h&key=747#](http://techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be920766c6e79h&key=747#)
- [6] Interference světla. In: [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.fyzika007.cz/optika/interference-svetla>
- [7] Interference: Interference světla. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Interference>
- [8] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Encyklopedie Fyziky: Skládání vlnění. In: Fyzika :: MEF [online]. 2006-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/452-skladani-vlneni>
- [9] Interferometr. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Interferometr>
- [10] JEŘÁBEK, V. Optické interferometry – příklady [online]. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechniky, 2008. 31 stran. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.micro.feld.cvut.cz/home/X34NFS/cviceni/Mach-Zehenderuv%20interferometr%20a%20priklady.ppt>
- [11] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. Encyklopedie Fyziky: Interference vlnění. In: Fyzika :: MEF [online]. 2006-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/167-interference-vlneni>

- [12] Interferometr. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Interferometr>
- [13] Michelsenův interferometr - Určení vlnové délky laseru, měření indexu lomu. In: Fyzikální praktikum – elektronická podpora výuky [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://home.pf.jcu.cz/~kriz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=155:mereni7&catid=58:fpr4&Itemid=2](http://home.pf.jcu.cz/~kriz/index.php?option=com_content&view=article&id=155:mereni7&catid=58:fpr4&Itemid=2)
- [14] Sagnac effect. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Sagnac\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Sagnac_effect)
- [15] Mach–Zehnder interferometer. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Mach%E2%80%93Zehnder\\_interferometer](http://en.wikipedia.org/wiki/Mach%E2%80%93Zehnder_interferometer)
- [16] Příklad kvantového chování. In: [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.karlin.mff.cuni.cz/~holub/soubory/QMachZehnder.pdf>
- [17] PAVELEK, Milan, Eva JANOTKOVÁ a Josef ŠTĚTINA. MACHŮV - ZEHNDERŮV INTERFEROMETR. In: Vizualizační a optické měřicí metody [online]. Brno, 2007 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/optika/1304.htm>
- [18] PAVELEK, Milan, Eva JANOTKOVÁ a Josef ŠTĚTINA. JAMINŮV INTERFEROMETR. In: Vizualizační a optické měřicí metody [online]. Brno, 2007 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/optika/1302.htm>
- [19] The Fabry-Perot Interferometer. In: [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.phy.davidson.edu/stuhome/cabell\\_f/diffractionfinal/pages/fabry.htm](http://www.phy.davidson.edu/stuhome/cabell_f/diffractionfinal/pages/fabry.htm)
- [20] Fabry–Pérot interferometer. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015 [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fabry%E2%80%93P%C3%A9rot\\_interferometer](http://en.wikipedia.org/wiki/Fabry%E2%80%93P%C3%A9rot_interferometer)



## Seznam příloh

Příloha A:	Naměřené hodnoty pro měření na vláknech s rychlokonektory .....	I
Příloha B:	Naměřené hodnoty pro měření na vláknech se sekundární ochrannou .....	IX
Příloha C:	Naměřené hodnoty pro měření na vláknech s primární ochrannou.....	XX
Příloha D:	Naměřené hodnoty pro měření na vláknech s kombinovanou ochranou.....	XXXI

---

Příloha A: *Naměřené hodnoty pro měření na vláknech s rychlokonektory*

Tabulka A.1: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	125	-52,25
Měření 2	0	125	-52,95
Měření 3	0	125	-41,32
Měření 4	0	125	-45,80
Měření 5	0	125	-55,18
Měření 6	0	125	-55,75
Měření 7	0	125	-63,59
Měření 8	0	125	-68,61
Měření 9	0	125	-59,59
Měření 10	0	125	-69,89

Tabulka A.2: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	250	-45,25
Měření 2	0	250	-50,33
Měření 3	0	250	-47,30
Měření 4	0	250	-47,40
Měření 5	0	250	-59,74
Měření 6	0	250	-62,80
Měření 7	0	250	-59,97
Měření 8	0	250	-63,05
Měření 9	0	250	-59,59
Měření 10	0	250	-65,24

Tabulka A.3: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	500	-66,83
Měření 2	0	500	-54,84
Měření 3	0	500	-65,46
Měření 4	0	500	-57,09
Měření 5	0	500	-61,77
Měření 6	0	500	-68,10
Měření 7	0	500	-60,78
Měření 8	0	500	-73,61
Měření 9	0	500	-61,78
Měření 10	0	500	-77,80

Tabulka A.4: *Tabulka naměřených hodnot*

---

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	1000	-52,86
Měření 2	0	1000	-59,92
Měření 3	0	1000	-66,94
Měření 4	0	1000	-45,96
Měření 5	0	1000	-65,91
Měření 6	0	1000	-71,47
Měření 7	0	1000	-53,63
Měření 8	0	1000	-67,03
Měření 9	0	1000	-50,14
Měření 10	0	1000	-78,71

Tabulka A.5: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	2000	-67,58
Měření 2	0	2000	-62,31
Měření 3	0	2000	-70,01
Měření 4	0	2000	-52,80
Měření 5	0	2000	-65,26
Měření 6	0	2000	-76,10
Měření 7	0	2000	-59,80
Měření 8	0	2000	-65,47
Měření 9	0	2000	-66,95
Měření 10	0	2000	-79,14

Tabulka A.6: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	125	-63,40
Měření 2	1	125	-68,17
Měření 3	1	125	-54,05
Měření 4	1	125	-50,25
Měření 5	1	125	-53,79
Měření 6	1	125	-56,45
Měření 7	1	125	-57,67
Měření 8	1	125	-69,73
Měření 9	1	125	-64,51
Měření 10	1	125	-66,84

Tabulka A.7: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	250	-62,91
Měření 2	1	250	-47,04
Měření 3	1	250	-64,89

---

Měření 4	1	250	-46,49
Měření 5	1	250	-55,89
Měření 6	1	250	-61,38
Měření 7	1	250	-51,48
Měření 8	1	250	-60,57
Měření 9	1	250	-54,84
Měření 10	1	250	-65,20

Tabulka A.8: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	500	-58,00
Měření 2	1	500	-56,34
Měření 3	1	500	-70,96
Měření 4	1	500	-59,39
Měření 5	1	500	-64,30
Měření 6	1	500	-77,52
Měření 7	1	500	-56,75
Měření 8	1	500	-74,28
Měření 9	1	500	-67,80
Měření 10	1	500	-69,72

Tabulka A.9: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	1000	-67,50
Měření 2	1	1000	-59,46
Měření 3	1	1000	-63,46
Měření 4	1	1000	-54,08
Měření 5	1	1000	-61,19
Měření 6	1	1000	-65,04
Měření 7	1	1000	-52,47
Měření 8	1	1000	-63,03
Měření 9	1	1000	-58,91
Měření 10	1	1000	-75,22

Tabulka A.10: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	2000	-70,56
Měření 2	1	2000	-63,71
Měření 3	1	2000	
Měření 4	1	2000	-58,96
Měření 5	1	2000	-65,94
Měření 6	1	2000	-69,19
Měření 7	1	2000	-41,33

---

Měření 8	1	2000	-63,86
Měření 9	1	2000	-74,57
Měření 10	1	2000	-71,94

Tabulka A.11: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	125	-65,35
Měření 2	3	125	-50,43
Měření 3	3	125	-52,79
Měření 4	3	125	-46,39
Měření 5	3	125	-65,92
Měření 6	3	125	-54,94
Měření 7	3	125	-59,76
Měření 8	3	125	-61,51
Měření 9	3	125	-57,64
Měření 10	3	125	-71,43

Tabulka A.12: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	250	-58,81
Měření 2	3	250	-55,97
Měření 3	3	250	-45,37
Měření 4	3	250	-43,15
Měření 5	3	250	-70,70
Měření 6	3	250	-61,39
Měření 7	3	250	-52,48
Měření 8	3	250	-65,17
Měření 9	3	250	-63,37
Měření 10	3	250	-64,50

Tabulka A.13: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	500	-54,71
Měření 2	3	500	-55,99
Měření 3	3	500	-47,14
Měření 4	3	500	-49,91
Měření 5	3	500	-68,38
Měření 6	3	500	-63,12
Měření 7	3	500	-56,37
Měření 8	3	500	-67,17
Měření 9	3	500	-70,06
Měření 10	3	500	-69,45

Tabulka A.14: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	1000	-67,44
Měření 2	3	1000	-56,11
Měření 3	3	1000	-49,34
Měření 4	3	1000	-48,75
Měření 5	3	1000	-55,03
Měření 6	3	1000	-68,18
Měření 7	3	1000	-52,78
Měření 8	3	1000	-66,78
Měření 9	3	1000	-63,86
Měření 10	3	1000	-63,07

Tabulka A.15: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	2000	-65,88
Měření 2	3	2000	-62,63
Měření 3	3	2000	-53,46
Měření 4	3	2000	-59,61
Měření 5	3	2000	-55,27
Měření 6	3	2000	-63,67
Měření 7	3	2000	-48,02
Měření 8	3	2000	-68,09
Měření 9	3	2000	-76,41
Měření 10	3	2000	-72,08

Tabulka A.16: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	125	-57,20
Měření 2	5	125	-51,98
Měření 3	5	125	-53,45
Měření 4	5	125	-49,16
Měření 5	5	125	-58,53
Měření 6	5	125	-59,49
Měření 7	5	125	-59,68
Měření 8	5	125	-66,38
Měření 9	5	125	-64,29
Měření 10	5	125	-69,32

Tabulka A.17: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	250	-50,94

---

Měření 2	5	250	-56,95
Měření 3	5	250	-41,56
Měření 4	5	250	-46,53
Měření 5	5	250	-58,90
Měření 6	5	250	-65,90
Měření 7	5	250	-56,23
Měření 8	5	250	-61,00
Měření 9	5	250	-60,25
Měření 10	5	250	-67,70

Tabulka A.18: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	500	-54,64
Měření 2	5	500	-43,64
Měření 3	5	500	-53,79
Měření 4	5	500	-57,25
Měření 5	5	500	-62,50
Měření 6	5	500	-67,10
Měření 7	5	500	-60,36
Měření 8	5	500	-70,48
Měření 9	5	500	-67,73
Měření 10	5	500	-70,97

Tabulka A.19: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	1000	
Měření 2	5	1000	-58,66
Měření 3	5	1000	-48,82
Měření 4	5	1000	-50,52
Měření 5	5	1000	-57,29
Měření 6	5	1000	-68,33
Měření 7	5	1000	-64,72
Měření 8	5	1000	-65,95
Měření 9	5	1000	-71,94
Měření 10	5	1000	-69,90

Tabulka A.20: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	2000	-64,37
Měření 2	5	2000	-57,45
Měření 3	5	2000	-56,49
Měření 4	5	2000	-55,53
Měření 5	5	2000	-57,78

---

Měření 6	5	2000	-69,13
Měření 7	5	2000	-54,81
Měření 8	5	2000	-66,53
Měření 9	5	2000	-71,53
Měření 10	5	2000	-69,82

Tabulka A.21: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	125	-51,45
Měření 2	7	125	-37,69
Měření 3	7	125	-57,01
Měření 4	7	125	-40,80
Měření 5	7	125	-58,53
Měření 6	7	125	-66,31
Měření 7	7	125	-60,03
Měření 8	7	125	-66,71
Měření 9	7	125	-68,18
Měření 10	7	125	-64,68

Tabulka A.22: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	250	-50,39
Měření 2	7	250	-38,96
Měření 3	7	250	-48,50
Měření 4	7	250	-42,78
Měření 5	7	250	-67,81
Měření 6	7	250	-75,71
Měření 7	7	250	-54,39
Měření 8	7	250	-53,50
Měření 9	7	250	-65,63
Měření 10	7	250	-64,42

Tabulka A.23: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	500	-54,89
Měření 2	7	500	-38,17
Měření 3	7	500	-55,45
Měření 4	7	500	-58,31
Měření 5	7	500	-67,89
Měření 6	7	500	-65,19
Měření 7	7	500	-60,74
Měření 8	7	500	-67,47
Měření 9	7	500	-72,98



---

Měření 10	7	500	-71,51
-----------	---	-----	--------

Tabulka A.24: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	1000	
Měření 2	7	1000	-44,41
Měření 3	7	1000	-55,75
Měření 4	7	1000	-66,87
Měření 5	7	1000	-69,91
Měření 6	7	1000	-71,86
Měření 7	7	1000	-62,60
Měření 8	7	1000	-54,95
Měření 9	7	1000	-76,58
Měření 10	7	1000	-70,62

Tabulka A.25: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	2000	-58,99
Měření 2	7	2000	-43,12
Měření 3	7	2000	-61,73
Měření 4	7	2000	-63,30
Měření 5	7	2000	-56,56
Měření 6	7	2000	
Měření 7	7	2000	-56,56
Měření 8	7	2000	-59,77
Měření 9	7	2000	-70,47
Měření 10	7	2000	-75,03

---

Příloha B: *Naměřené hodnoty pro měření na vláknech se sekundární ochrannou*

Tabulka B.1: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	125	-40,03
Měření 2	0	125	-43,55
Měření 3	0	125	-42,75
Měření 4	0	125	-29,78
Měření 5	0	125	-34,24
Měření 6	0	125	-42,65
Měření 7	0	125	-34,21
Měření 8	0	125	-29,59
Měření 9	0	125	-41,46
Měření 10	0	125	-33,59

Tabulka B.2: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	250	-39,41
Měření 2	0	250	-33,34
Měření 3	0	250	-37,89
Měření 4	0	250	-44,22
Měření 5	0	250	-51,67
Měření 6	0	250	-37,79
Měření 7	0	250	-31,96
Měření 8	0	250	-36,56
Měření 9	0	250	-42,36
Měření 10	0	250	-49,49

Tabulka B.3: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	500	-42,75
Měření 2	0	500	-49,30
Měření 3	0	500	-51,05
Měření 4	0	500	-55,87
Měření 5	0	500	-43,03
Měření 6	0	500	-46,55
Měření 7	0	500	-41,85
Měření 8	0	500	-40,88
Měření 9	0	500	-53,26
Měření 10	0	500	-48,67

Tabulka B.4: *Tabulka naměřených hodnot*

---

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	1000	-48,83
Měření 2	0	1000	-43,34
Měření 3	0	1000	-47,89
Měření 4	0	1000	-49,51
Měření 5	0	1000	-41,96
Měření 6	0	1000	-50,99
Měření 7	0	1000	-47,00
Měření 8	0	1000	-30,22
Měření 9	0	1000	-40,00
Měření 10	0	1000	-45,08

Tabulka B.5: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	2000	-34,86
Měření 2	0	2000	-58,90
Měření 3	0	2000	-40,16
Měření 4	0	2000	-51,74
Měření 5	0	2000	-52,35
Měření 6	0	2000	-57,70
Měření 7	0	2000	-34,22
Měření 8	0	2000	-50,00
Měření 9	0	2000	-50,88
Měření 10	0	2000	-42,38

Tabulka B.6: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	4000	-72,50
Měření 2	0	4000	-69,17
Měření 3	0	4000	-68,45
Měření 4	0	4000	-77,63
Měření 5	0	4000	-69,42
Měření 6	0	4000	-62,97
Měření 7	0	4000	73,22
Měření 8	0	4000	-75,23
Měření 9	0	4000	-66,99
Měření 10	0	4000	-70,57

Tabulka B.7: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	8000	-56,17
Měření 2	0	8000	-71,36
Měření 3	0	8000	-57,97

---

Měření 4	0	8000	-74,27
Měření 5	0	8000	-74,03
Měření 6	0	8000	-70,53
Měření 7	0	8000	-67,98
Měření 8	0	8000	-71,44
Měření 9	0	8000	-76,47
Měření 10	0	8000	-59,22

Tabulka B.8: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	125	-45,67
Měření 2	1	125	-44,34
Měření 3	1	125	-37,09
Měření 4	1	125	-31,27
Měření 5	1	125	-25,13
Měření 6	1	125	-36,55
Měření 7	1	125	-30,12
Měření 8	1	125	-44,24
Měření 9	1	125	-29,21
Měření 10	1	125	-43,89

Tabulka B.9: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	250	-33,85
Měření 2	1	250	-34,22
Měření 3	1	250	-40,15
Měření 4	1	250	-33,19
Měření 5	1	250	-44,47
Měření 6	1	250	-32,87
Měření 7	1	250	-43,78
Měření 8	1	250	-36,13
Měření 9	1	250	-39,10
Měření 10	1	250	-32,81

Tabulka B.10: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	500	-43,58
Měření 2	1	500	-58,45
Měření 3	1	500	-51,61
Měření 4	1	500	-50,17
Měření 5	1	500	-43,30
Měření 6	1	500	-53,98
Měření 7	1	500	-52,09

---

Měření 8	1	500	-42,11
Měření 9	1	500	-44,22
Měření 10	1	500	-57,44

Tabulka B.11: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	1000	-45,58
Měření 2	1	1000	-43,55
Měření 3	1	1000	-44,60
Měření 4	1	1000	-51,81
Měření 5	1	1000	-44,52
Měření 6	1	1000	-42,81
Měření 7	1	1000	-44,98
Měření 8	1	1000	-43,93
Měření 9	1	1000	-50,00
Měření 10	1	1000	-41,54

Tabulka B.12: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	2000	-42,07
Měření 2	1	2000	-56,60
Měření 3	1	2000	-53,54
Měření 4	1	2000	-44,97
Měření 5	1	2000	-53,63
Měření 6	1	2000	-40,80
Měření 7	1	2000	-56,14
Měření 8	1	2000	-52,90
Měření 9	1	2000	-44,74
Měření 10	1	2000	-60,08

Tabulka B.13: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	4000	-68,16
Měření 2	1	4000	-73,66
Měření 3	1	4000	-63,42
Měření 4	1	4000	-68,21
Měření 5	1	4000	-68,22
Měření 6	1	4000	-72,71
Měření 7	1	4000	-73,12
Měření 8	1	4000	-73,60
Měření 9	1	4000	-66,57
Měření 10	1	4000	-66,98

Tabulka B.14: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	8000	-75,03
Měření 2	1	8000	-69,09
Měření 3	1	8000	-76,45
Měření 4	1	8000	-71,82
Měření 5	1	8000	-76,89
Měření 6	1	8000	-61,40
Měření 7	1	8000	-71,46
Měření 8	1	8000	-71,18
Měření 9	1	8000	-74,89
Měření 10	1	8000	-67,80

Tabulka B.15: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	125	-50,13
Měření 2	3	125	-43,80
Měření 3	3	125	-38,94
Měření 4	3	125	-27,87
Měření 5	3	125	-28,60
Měření 6	3	125	-42,51
Měření 7	3	125	-31,14
Měření 8	3	125	-53,46
Měření 9	3	125	-28,08
Měření 10	3	125	-39,16

Tabulka B.16: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	250	-32,95
Měření 2	3	250	-31,39
Měření 3	3	250	-42,47
Měření 4	3	250	-38,85
Měření 5	3	250	-43,21
Měření 6	3	250	-30,18
Měření 7	3	250	-42,25
Měření 8	3	250	-42,02
Měření 9	3	250	-31,85
Měření 10	3	250	-37,15

Tabulka B.17: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	500	-44,13

---

Měření 2	3	500	-60,23
Měření 3	3	500	-52,87
Měření 4	3	500	-53,14
Měření 5	3	500	-42,92
Měření 6	3	500	-42,12
Měření 7	3	500	-53,97
Měření 8	3	500	-46,44
Měření 9	3	500	-52,78
Měření 10	3	500	-59,67

Tabulka B.18: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	1000	-44,81
Měření 2	3	1000	-43,89
Měření 3	3	1000	-41,59
Měření 4	3	1000	-49,42
Měření 5	3	1000	-45,12
Měření 6	3	1000	-44,10
Měření 7	3	1000	-46,97
Měření 8	3	1000	-43,80
Měření 9	3	1000	-48,34
Měření 10	3	1000	-42,77

Tabulka B.19: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	2000	-43,93
Měření 2	3	2000	-53,90
Měření 3	3	2000	-46,70
Měření 4	3	2000	-49,61
Měření 5	3	2000	-55,04
Měření 6	3	2000	-53,27
Měření 7	3	2000	-47,26
Měření 8	3	2000	-54,77
Měření 9	3	2000	-43,97
Měření 10	3	2000	-52,70

Tabulka B.20: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	4000	-79,73
Měření 2	3	4000	-77,93
Měření 3	3	4000	-72,05
Měření 4	3	4000	-71,50
Měření 5	3	4000	-69,33

---

Měření 6	3	4000	-69,98
Měření 7	3	4000	-78,44
Měření 8	3	4000	-67,78
Měření 9	3	4000	-64,90
Měření 10	3	4000	-76,76

Tabulka B.21: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	8000	-69,23
Měření 2	3	8000	-70,26
Měření 3	3	8000	-79,03
Měření 4	3	8000	-72,19
Měření 5	3	8000	-74,78
Měření 6	3	8000	-70,40
Měření 7	3	8000	-75,46
Měření 8	3	8000	-71,81
Měření 9	3	8000	-71,33
Měření 10	3	8000	-70,26

Tabulka B.22: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	125	-49,35
Měření 2	5	125	-41,95
Měření 3	5	125	-41,62
Měření 4	5	125	-29,94
Měření 5	5	125	-33,14
Měření 6	5	125	-27,08
Měření 7	5	125	-42,27
Měření 8	5	125	-41,14
Měření 9	5	125	-33,10
Měření 10	5	125	-47,94

Tabulka B.23: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	250	-32,92
Měření 2	5	250	-32,04
Měření 3	5	250	-42,02
Měření 4	5	250	-33,14
Měření 5	5	250	-44,38
Měření 6	5	250	-37,53
Měření 7	5	250	-31,46
Měření 8	5	250	-43,30
Měření 9	5	250	-43,77



---

Měření 10	5	250	-31,98
-----------	---	-----	--------

Tabulka B.24: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	500	-48,11
Měření 2	5	500	-60,13
Měření 3	5	500	-49,11
Měření 4	5	500	-51,47
Měření 5	5	500	-43,03
Měření 6	5	500	-59,30
Měření 7	5	500	-44,37
Měření 8	5	500	-47,08
Měření 9	5	500	-42,77
Měření 10	5	500	-48,56

Tabulka B.25: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	1000	-42,64
Měření 2	5	1000	-44,64
Měření 3	5	1000	-39,43
Měření 4	5	1000	-44,01
Měření 5	5	1000	-45,71
Měření 6	5	1000	-41,12
Měření 7	5	1000	-44,78
Měření 8	5	1000	-41,71
Měření 9	5	1000	-43,30
Měření 10	5	1000	-43,15

Tabulka B.26: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	2000	-53,14
Měření 2	5	2000	-49,92
Měření 3	5	2000	-58,39
Měření 4	5	2000	-43,27
Měření 5	5	2000	-54,93
Měření 6	5	2000	-50,44
Měření 7	5	2000	-42,11
Měření 8	5	2000	-53,15
Měření 9	5	2000	-52,87
Měření 10	5	2000	-47,92

Tabulka B.27: *Tabulka naměřených hodnot*

---

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	4000	-73,54
Měření 2	5	4000	-71,75
Měření 3	5	4000	-61,70
Měření 4	5	4000	-69,67
Měření 5	5	4000	-72,36
Měření 6	5	4000	-61,50
Měření 7	5	4000	-71,04
Měření 8	5	4000	-61,00
Měření 9	5	4000	-69,02
Měření 10	5	4000	-70,23

Tabulka B.28: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	8000	-73,16
Měření 2	5	8000	-71,01
Měření 3	5	8000	-60,69
Měření 4	5	8000	-68,71
Měření 5	5	8000	-80,19
Měření 6	5	8000	-71,90
Měření 7	5	8000	-79,60
Měření 8	5	8000	-69,55
Měření 9	5	8000	-66,90
Měření 10	5	8000	-59,05

Tabulka B.29: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	125	-48,33
Měření 2	7	125	-43,86
Měření 3	7	125	-42,53
Měření 4	7	125	-26,40
Měření 5	7	125	-33,69
Měření 6	7	125	-43,50
Měření 7	7	125	-25,99
Měření 8	7	125	-46,88
Měření 9	7	125	-32,11
Měření 10	7	125	-42,39

Tabulka B.30: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	250	-33,00
Měření 2	7	250	-31,84
Měření 3	7	250	-46,09

---

Měření 4	7	250	-40,81
Měření 5	7	250	-40,29
Měření 6	7	250	-40,62
Měření 7	7	250	-31,24
Měření 8	7	250	-39,13
Měření 9	7	250	-32,78
Měření 10	7	250	-40,00

Tabulka B.31: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	500	-48,26
Měření 2	7	500	-64,40
Měření 3	7	500	-53,30
Měření 4	7	500	-49,70
Měření 5	7	500	-42,84
Měření 6	7	500	-48,79
Měření 7	7	500	-41,88
Měření 8	7	500	-46,97
Měření 9	7	500	-53,11
Měření 10	7	500	-62,99

Tabulka B.32: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	1000	-41,83
Měření 2	7	1000	-42,45
Měření 3	7	1000	-58,80
Měření 4	7	1000	-45,58
Měření 5	7	1000	-43,64
Měření 6	7	1000	-45,23
Měření 7	7	1000	-43,12
Měření 8	7	1000	-42,00
Měření 9	7	1000	-41,11
Měření 10	7	1000	-50,33

Tabulka B.33: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	2000	-53,08
Měření 2	7	2000	-43,11
Měření 3	7	2000	-49,65
Měření 4	7	2000	-41,61
Měření 5	7	2000	-52,89
Měření 6	7	2000	-41,73
Měření 7	7	2000	-52,41

---

Měření 8	7	2000	-52,84
Měření 9	7	2000	-44,00
Měření 10	7	2000	-49,46

Tabulka B.34: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	4000	-72,25
Měření 2	7	4000	-73,08
Měření 3	7	4000	-77,11
Měření 4	7	4000	-71,72
Měření 5	7	4000	-62,99
Měření 6	7	4000	-60,33
Měření 7	7	4000	-67,28
Měření 8	7	4000	-71,35
Měření 9	7	4000	-80,23
Měření 10	7	4000	-72,12

Tabulka B.35: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	8000	-69,23
Měření 2	7	8000	-68,70
Měření 3	7	8000	-71,34
Měření 4	7	8000	-72,89
Měření 5	7	8000	-75,22
Měření 6	7	8000	-71,97
Měření 7	7	8000	-70,21
Měření 8	7	8000	-74,79
Měření 9	7	8000	-68,54
Měření 10	7	8000	-68,08

---

Příloha C:      *Naměřené hodnoty pro měření na vláknech s primární ochrannou*

Tabulka C.1:    *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	125	-38,16
Měření 2	0	125	-35,75
Měření 3	0	125	-32,88
Měření 4	0	125	-34,39
Měření 5	0	125	-29,68
Měření 6	0	125	-35,68
Měření 7	0	125	-34,58
Měření 8	0	125	-28,49
Měření 9	0	125	-38,44
Měření 10	0	125	-32,02

Tabulka C.2:    *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	250	-39,64
Měření 2	0	250	-40,57
Měření 3	0	250	-38,79
Měření 4	0	250	-47,56
Měření 5	0	250	-43,11
Měření 6	0	250	-41,46
Měření 7	0	250	-46,98
Měření 8	0	250	-43,00
Měření 9	0	250	-42,11
Měření 10	0	250	-44,01

Tabulka C.3:    *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	500	-50,22
Měření 2	0	500	-50,31
Měření 3	0	500	-51,01
Měření 4	0	500	-60,52
Měření 5	0	500	-52,05
Měření 6	0	500	-49,01
Měření 7	0	500	-50,54
Měření 8	0	500	-49,11
Měření 9	0	500	-60,01
Měření 10	0	500	-49,79

Tabulka C.4: *Tabulka naměřených hodnot*

	0	1000	-49,70
Měření 1	0	1000	-49,98
Měření 2	0	1000	-48,28
Měření 3	0	1000	-45,14
Měření 4	0	1000	-49,85
Měření 5	0	1000	-44,00
Měření 6	0	1000	-48,05
Měření 7	0	1000	-44,74
Měření 8	0	1000	-50,22
Měření 9	0	1000	-49,71
Měření 10	0	1000	-49,70

Tabulka C.5: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	2000	-57,36
Měření 2	0	2000	-56,09
Měření 3	0	2000	-44,01
Měření 4	0	2000	-48,75
Měření 5	0	2000	-48,84
Měření 6	0	2000	-47,90
Měření 7	0	2000	-43,01
Měření 8	0	2000	-55,45
Měření 9	0	2000	-48,70
Měření 10	0	2000	-55,15

Tabulka C.6: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	4000	-73,68
Měření 2	0	4000	-57,67
Měření 3	0	4000	-66,10
Měření 4	0	4000	-64,69
Měření 5	0	4000	-74,36
Měření 6	0	4000	-65,78
Měření 7	0	4000	-63,11
Měření 8	0	4000	-70,03
Měření 9	0	4000	-77,96
Měření 10	0	4000	-62,58

Tabulka C.7: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	8000	-77,05

---

Měření 2	0	8000	-68,13
Měření 3	0	8000	-70,13
Měření 4	0	8000	-68,96
Měření 5	0	8000	-70,95
Měření 6	0	8000	-67,22
Měření 7	0	8000	-69,48
Měření 8	0	8000	-70,44
Měření 9	0	8000	-69,92
Měření 10	0	8000	-80,30

Tabulka C.8: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	125	-27,49
Měření 2	1	125	-29,28
Měření 3	1	125	-40,25
Měření 4	1	125	-28,76
Měření 5	1	125	-36,22
Měření 6	1	125	-30,65
Měření 7	1	125	-28,46
Měření 8	1	125	-36,03
Měření 9	1	125	-29,01
Měření 10	1	125	-37,67

Tabulka C.9: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	250	-32,62
Měření 2	1	250	-28,21
Měření 3	1	250	-26,30
Měření 4	1	250	-24,60
Měření 5	1	250	-22,59
Měření 6	1	250	-27,66
Měření 7	1	250	-26,02
Měření 8	1	250	-22,40
Měření 9	1	250	-21,59
Měření 10	1	250	-28,04

Tabulka C.10: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	500	-47,26
Měření 2	1	500	-49,63
Měření 3	1	500	-48,92
Měření 4	1	500	-48,53
Měření 5	1	500	-48,24

---

Měření 6	1	500	-48,02
Měření 7	1	500	-46,35
Měření 8	1	500	-49,42
Měření 9	1	500	-47,89
Měření 10	1	500	-49,34

Tabulka C.11: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	1000	-53,51
Měření 2	1	1000	-56,31
Měření 3	1	1000	-48,96
Měření 4	1	1000	-45,18
Měření 5	1	1000	-46,64
Měření 6	1	1000	-44,34
Měření 7	1	1000	-45,13
Měření 8	1	1000	-52,10
Měření 9	1	1000	-56,08
Měření 10	1	1000	-48,42

Tabulka C.12: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	2000	-59,11
Měření 2	1	2000	-53,87
Měření 3	1	2000	-55,27
Měření 4	1	2000	-59,40
Měření 5	1	2000	-54,70
Měření 6	1	2000	-59,03
Měření 7	1	2000	-58,45
Měření 8	1	2000	-53,28
Měření 9	1	2000	-54,97
Měření 10	1	2000	-53,17

Tabulka C.13: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	4000	-62,40
Měření 2	1	4000	-62,47
Měření 3	1	4000	-60,90
Měření 4	1	4000	-67,48
Měření 5	1	4000	-59,50
Měření 6	1	4000	-61,16
Měření 7	1	4000	-66,88
Měření 8	1	4000	-59,22
Měření 9	1	4000	-62,05
Měření 10	1	4000	-59,68



Tabulka C.14: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	8000	-75,15
Měření 2	1	8000	-67,42
Měření 3	1	8000	-67,89
Měření 4	1	8000	-65,99
Měření 5	1	8000	-69,03
Měření 6	1	8000	-66,72
Měření 7	1	8000	-74,00
Měření 8	1	8000	-66,70
Měření 9	1	8000	-68,57
Měření 10	1	8000	-63,58

Tabulka C.15: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	125	-30,74
Měření 2	3	125	-34,24
Měření 3	3	125	-40,28
Měření 4	3	125	-36,77
Měření 5	3	125	-37,92
Měření 6	3	125	-25,41
Měření 7	3	125	-34,00
Měření 8	3	125	-33,55
Měření 9	3	125	-35,98
Měření 10	3	125	-30,79

Tabulka C.16: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	250	-33,15
Měření 2	3	250	-30,84
Měření 3	3	250	-32,95
Měření 4	3	250	-33,02
Měření 5	3	250	-24,80
Měření 6	3	250	-29,47
Měření 7	3	250	-32,48
Měření 8	3	250	-32,82
Měření 9	3	250	-30,97
Měření 10	3	250	-25,38

Tabulka C.17: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
--	--------------	----------------	-----------------

---

Měření 1	3	500	-48,83
Měření 2	3	500	-47,19
Měření 3	3	500	-43,35
Měření 4	3	500	-51,07
Měření 5	3	500	-44,38
Měření 6	3	500	-50,46
Měření 7	3	500	-48,78
Měření 8	3	500	-46,56
Měření 9	3	500	-43,91
Měření 10	3	500	-45,67

Tabulka C.18: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	1000	-42,00
Měření 2	3	1000	-53,70
Měření 3	3	1000	-48,39
Měření 4	3	1000	-51,06
Měření 5	3	1000	-50,63
Měření 6	3	1000	-42,09
Měření 7	3	1000	-50,05
Měření 8	3	1000	-47,28
Měření 9	3	1000	-52,89
Měření 10	3	1000	-49,83

Tabulka C.19: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	2000	-55,68
Měření 2	3	2000	-54,99
Měření 3	3	2000	-48,88
Měření 4	3	2000	-55,99
Měření 5	3	2000	-45,59
Měření 6	3	2000	-54,65
Měření 7	3	2000	-48,45
Měření 8	3	2000	-55,00
Měření 9	3	2000	-45,25
Měření 10	3	2000	-56,06

Tabulka C.20: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	4000	-63,70
Měření 2	3	4000	-64,41
Měření 3	3	4000	-70,38
Měření 4	3	4000	-67,43

---

Měření 5	3	4000	-71,47
Měření 6	3	4000	-71,05
Měření 7	3	4000	-66,08
Měření 8	3	4000	-62,87
Měření 9	3	4000	-62,44
Měření 10	3	4000	-69,74

Tabulka C.21: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	8000	-78,10
Měření 2	3	8000	-70,14
Měření 3	3	8000	-75,67
Měření 4	3	8000	-68,87
Měření 5	3	8000	-72,97
Měření 6	3	8000	-76,97
Měření 7	3	8000	-77,46
Měření 8	3	8000	-73,65
Měření 9	3	8000	-70,26
Měření 10	3	8000	-79,18

Tabulka C.22: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	125	-44,46
Měření 2	5	125	-32,35
Měření 3	5	125	-35,95
Měření 4	5	125	-45,67
Měření 5	5	125	-47,81
Měření 6	5	125	-34,87
Měření 7	5	125	-31,98
Měření 8	5	125	-42,27
Měření 9	5	125	-45,88
Měření 10	5	125	-43,46

Tabulka C.23: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	250	-44,96
Měření 2	5	250	-41,91
Měření 3	5	250	-46,39
Měření 4	5	250	-46,22
Měření 5	5	250	-39,34
Měření 6	5	250	-46,11
Měření 7	5	250	-40,68
Měření 8	5	250	-44,38

Měření 9	5	250	-43,90
Měření 10	5	250	-34,78

Tabulka C.24: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	500	-48,74
Měření 2	5	500	-44,28
Měření 3	5	500	-42,18
Měření 4	5	500	-46,12
Měření 5	5	500	-43,96
Měření 6	5	500	-47,26
Měření 7	5	500	-42,96
Měření 8	5	500	-41,50
Měření 9	5	500	-45,71
Měření 10	5	500	-43,41

Tabulka C.25: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	1000	-52,72
Měření 2	5	1000	-48,12
Měření 3	5	1000	-44,71
Měření 4	5	1000	-42,65
Měření 5	5	1000	-44,27
Měření 6	5	1000	-45,44
Měření 7	5	1000	-41,91
Měření 8	5	1000	-52,11
Měření 9	5	1000	-48,41
Měření 10	5	1000	-43,57

Tabulka C.26: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	2000	-55,27
Měření 2	5	2000	-55,21
Měření 3	5	2000	-57,03
Měření 4	5	2000	-67,51
Měření 5	5	2000	-59,49
Měření 6	5	2000	-59,18
Měření 7	5	2000	-58,90
Měření 8	5	2000	-50,87
Měření 9	5	2000	-52,21
Měření 10	5	2000	-67,05

Tabulka C.27: *Tabulka naměřených hodnot*

---

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	4000	-69,39
Měření 2	5	4000	-69,21
Měření 3	5	4000	-69,06
Měření 4	5	4000	-71,70
Měření 5	5	4000	-69,99
Měření 6	5	4000	-68,56
Měření 7	5	4000	-71,41
Měření 8	5	4000	-65,42
Měření 9	5	4000	-68,85
Měření 10	5	4000	-68,08

Tabulka C.28: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	8000	-72,91
Měření 2	5	8000	-69,35
Měření 3	5	8000	-71,48
Měření 4	5	8000	-74,13
Měření 5	5	8000	-63,56
Měření 6	5	8000	-72,87
Měření 7	5	8000	-69,01
Měření 8	5	8000	-72,19
Měření 9	5	8000	-66,05
Měření 10	5	8000	-68,68

Tabulka C.29: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	125	-38,68
Měření 2	7	125	-51,58
Měření 3	7	125	-39,70
Měření 4	7	125	-42,08
Měření 5	7	125	-39,22
Měření 6	7	125	-40,83
Měření 7	7	125	-35,27
Měření 8	7	125	-50,75
Měření 9	7	125	-35,99
Měření 10	7	125	-38,19

Tabulka C.30: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	250	-42,42
Měření 2	7	250	-44,06
Měření 3	7	250	-45,78

---

Měření 4	7	250	-47,92
Měření 5	7	250	-48,08
Měření 6	7	250	-42,35
Měření 7	7	250	-47,50
Měření 8	7	250	-47,53
Měření 9	7	250	-45,97
Měření 10	7	250	-41,99

Tabulka C.31: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	500	-44,52
Měření 2	7	500	-45,28
Měření 3	7	500	-42,43
Měření 4	7	500	-45,63
Měření 5	7	500	-51,28
Měření 6	7	500	-42,16
Měření 7	7	500	-44,15
Měření 8	7	500	-50,54
Měření 9	7	500	-48,01
Měření 10	7	500	-47,07

Tabulka C.32: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	1000	-69,04
Měření 2	7	1000	-44,41
Měření 3	7	1000	-46,71
Měření 4	7	1000	-43,46
Měření 5	7	1000	-47,05
Měření 6	7	1000	-45,90
Měření 7	7	1000	-43,11
Měření 8	7	1000	-44,12
Měření 9	7	1000	-47,13
Měření 10	7	1000	-66,31

Tabulka C.33: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	2000	-44,96
Měření 2	7	2000	-46,31
Měření 3	7	2000	-48,25
Měření 4	7	2000	-50,42
Měření 5	7	2000	-58,29
Měření 6	7	2000	-49,03
Měření 7	7	2000	-48,15

---

Měření 8	7	2000	-46,11
Měření 9	7	2000	-47,27
Měření 10	7	2000	-44,70

Tabulka C.34: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	4000	-74,62
Měření 2	7	4000	-74,11
Měření 3	7	4000	-76,57
Měření 4	7	4000	-79,26
Měření 5	7	4000	-75,66
Měření 6	7	4000	-73,69
Měření 7	7	4000	-75,98
Měření 8	7	4000	-74,99
Měření 9	7	4000	-70,58
Měření 10	7	4000	-77,90

Tabulka C.35: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	8000	-71,16
Měření 2	7	8000	-75,05
Měření 3	7	8000	-75,00
Měření 4	7	8000	-72,55
Měření 5	7	8000	-67,37
Měření 6	7	8000	-71,01
Měření 7	7	8000	-74,07
Měření 8	7	8000	-71,57
Měření 9	7	8000	-66,98
Měření 10	7	8000	-73,13

---

Příloha D: *Naměřené hodnoty pro měření na vláknech s kombinovanou ochranou*

Tabulka D.1: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	125	-35,81
Měření 2	0	125	-48,83
Měření 3	0	125	-47,43
Měření 4	0	125	-44,56
Měření 5	0	125	-50,97
Měření 6	0	125	-35,98
Měření 7	0	125	-49,63
Měření 8	0	125	-44,66
Měření 9	0	125	-47,04
Měření 10	0	125	-47,11

Tabulka D.2: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	250	-33,76
Měření 2	0	250	-37,19
Měření 3	0	250	-38,50
Měření 4	0	250	-38,90
Měření 5	0	250	-44,51
Měření 6	0	250	-38,78
Měření 7	0	250	-32,14
Měření 8	0	250	-44,06
Měření 9	0	250	-37,87
Měření 10	0	250	-33,72

Tabulka D.3: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	500	-54,94
Měření 2	0	500	-46,83
Měření 3	0	500	-49,34
Měření 4	0	500	-39,82
Měření 5	0	500	-40,73
Měření 6	0	500	-46,75
Měření 7	0	500	-57,45
Měření 8	0	500	-55,97
Měření 9	0	500	-39,16
Měření 10	0	500	-48,86

Tabulka D.4: *Tabulka naměřených hodnot*



---

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	1000	-53,95
Měření 2	0	1000	-62,11
Měření 3	0	1000	-55,62
Měření 4	0	1000	-56,21
Měření 5	0	1000	-56,07
Měření 6	0	1000	-54,14
Měření 7	0	1000	-55,63
Měření 8	0	1000	-55,40
Měření 9	0	1000	-58,05
Měření 10	0	1000	-60,79

Tabulka D.5: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	2000	-66,30
Měření 2	0	2000	-63,69
Měření 3	0	2000	-59,79
Měření 4	0	2000	-60,91
Měření 5	0	2000	-63,07
Měření 6	0	2000	-64,11
Měření 7	0	2000	-62,30
Měření 8	0	2000	-66,04
Měření 9	0	2000	-77,43
Měření 10	0	2000	-60,09

Tabulka D.6: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	4000	-79,74
Měření 2	0	4000	-74,39
Měření 3	0	4000	-77,65
Měření 4	0	4000	-73,64
Měření 5	0	4000	-73,68
Měření 6	0	4000	-73,93
Měření 7	0	4000	-77,41
Měření 8	0	4000	-78,99
Měření 9	0	4000	-74,07
Měření 10	0	4000	-72,12

Tabulka D.7: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	0	8000	-66,91
Měření 2	0	8000	-67,76
Měření 3	0	8000	-68,02

---

Měření 4	0	8000	-70,40
Měření 5	0	8000	-67,70
Měření 6	0	8000	-66,98
Měření 7	0	8000	-65,41
Měření 8	0	8000	-67,00
Měření 9	0	8000	-68,88
Měření 10	0	8000	-68,35

Tabulka D.8: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	125	-42,35
Měření 2	1	125	-44,82
Měření 3	1	125	-40,35
Měření 4	1	125	-54,23
Měření 5	1	125	-37,60
Měření 6	1	125	-44,22
Měření 7	1	125	-43,05
Měření 8	1	125	-44,43
Měření 9	1	125	-44,70
Měření 10	1	125	-47,61

Tabulka D.9: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	250	-49,05
Měření 2	1	250	-44,25
Měření 3	1	250	-40,25
Měření 4	1	250	-41,10
Měření 5	1	250	-37,39
Měření 6	1	250	-39,93
Měření 7	1	250	-37,38
Měření 8	1	250	-47,90
Měření 9	1	250	-40,64
Měření 10	1	250	-43,65

Tabulka D.10: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	500	-48,05
Měření 2	1	500	-43,03
Měření 3	1	500	-43,02
Měření 4	1	500	-41,25
Měření 5	1	500	-43,43
Měření 6	1	500	-41,87
Měření 7	1	500	-39,47

---

Měření 8	1	500	-47,93
Měření 9	1	500	-44,27
Měření 10	1	500	-42,96

Tabulka D.11: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	1000	-59,93
Měření 2	1	1000	-63,99
Měření 3	1	1000	-55,64
Měření 4	1	1000	-57,98
Měření 5	1	1000	-55,87
Měření 6	1	1000	-50,19
Měření 7	1	1000	-57,90
Měření 8	1	1000	-56,68
Měření 9	1	1000	-54,62
Měření 10	1	1000	-63,21

Tabulka D.12: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	2000	-61,26
Měření 2	1	2000	-62,55
Měření 3	1	2000	-59,23
Měření 4	1	2000	-56,43
Měření 5	1	2000	-65,28
Měření 6	1	2000	-60,78
Měření 7	1	2000	-64,01
Měření 8	1	2000	-60,46
Měření 9	1	2000	-58,28
Měření 10	1	2000	-58,97

Tabulka D.13: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	4000	-77,07
Měření 2	1	4000	-75,38
Měření 3	1	4000	-70,26
Měření 4	1	4000	-75,02
Měření 5	1	4000	-69,03
Měření 6	1	4000	-75,05
Měření 7	1	4000	-76,53
Měření 8	1	4000	-68,08
Měření 9	1	4000	-74,67
Měření 10	1	4000	-66,53

Tabulka D.14: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	1	8000	-64,06
Měření 2	1	8000	-67,90
Měření 3	1	8000	-63,86
Měření 4	1	8000	-74,79
Měření 5	1	8000	-67,88
Měření 6	1	8000	-71,79
Měření 7	1	8000	-66,79
Měření 8	1	8000	-63,24
Měření 9	1	8000	-63,28
Měření 10	1	8000	-68,38

Tabulka D.15: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	125	-41,22
Měření 2	3	125	-39,60
Měření 3	3	125	-57,14
Měření 4	3	125	-41,12
Měření 5	3	125	-45,18
Měření 6	3	125	-38,97
Měření 7	3	125	-44,32
Měření 8	3	125	-41,27
Měření 9	3	125	-40,55
Měření 10	3	125	-56,81

Tabulka D.16: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	250	-40,07
Měření 2	3	250	-48,17
Měření 3	3	250	-42,91
Měření 4	3	250	-40,02
Měření 5	3	250	-42,94
Měření 6	3	250	-39,67
Měření 7	3	250	-47,97
Měření 8	3	250	-39,75
Měření 9	3	250	-41,71
Měření 10	3	250	-42,45

Tabulka D.17: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	500	-44,27

---

Měření 2	3	500	-44,46
Měření 3	3	500	-45,78
Měření 4	3	500	-40,73
Měření 5	3	500	-48,25
Měření 6	3	500	-41,45
Měření 7	3	500	-45,46
Měření 8	3	500	-41,47
Měření 9	3	500	-48,08
Měření 10	3	500	-43,07

Tabulka D.18: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	1000	-54,14
Měření 2	3	1000	-60,25
Měření 3	3	1000	-63,24
Měření 4	3	1000	-56,45
Měření 5	3	1000	-64,39
Měření 6	3	1000	-55,71
Měření 7	3	1000	-54,04
Měření 8	3	1000	-63,78
Měření 9	3	1000	-58,08
Měření 10	3	1000	-60,94

Tabulka D.19: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	2000	-65,81
Měření 2	3	2000	-68,25
Měření 3	3	2000	-61,87
Měření 4	3	2000	-62,46
Měření 5	3	2000	-67,09
Měření 6	3	2000	-64,00
Měření 7	3	2000	-60,26
Měření 8	3	2000	-67,29
Měření 9	3	2000	-66,45
Měření 10	3	2000	-61,41

Tabulka D.20: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	4000	-76,21
Měření 2	3	4000	-67,05
Měření 3	3	4000	-76,04
Měření 4	3	4000	-79,17
Měření 5	3	4000	-77,02

---

Měření 6	3	4000	-74,06
Měření 7	3	4000	-78,65
Měření 8	3	4000	-66,96
Měření 9	3	4000	-75,59
Měření 10	3	4000	-78,08

Tabulka D.21: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	3	8000	-63,19
Měření 2	3	8000	-63,80
Měření 3	3	8000	-64,74
Měření 4	3	8000	-70,03
Měření 5	3	8000	-78,51
Měření 6	3	8000	-61,60
Měření 7	3	8000	-73,21
Měření 8	3	8000	-81,03
Měření 9	3	8000	-69,08
Měření 10	3	8000	-63,97

Tabulka D.22: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	125	-46,96
Měření 2	5	125	-49,22
Měření 3	5	125	-40,32
Měření 4	5	125	-39,49
Měření 5	5	125	-44,30
Měření 6	5	125	-48,83
Měření 7	5	125	-39,44
Měření 8	5	125	-46,70
Měření 9	5	125	-44,02
Měření 10	5	125	-40,48

Tabulka D.23: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	250	-41,16
Měření 2	5	250	-40,67
Měření 3	5	250	-40,09
Měření 4	5	250	-39,53
Měření 5	5	250	-39,96
Měření 6	5	250	-40,85
Měření 7	5	250	-39,11
Měření 8	5	250	-38,99
Měření 9	5	250	-39,55

---

Měření 10	5	250	-41,04
-----------	---	-----	--------

Tabulka D.24: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	500	-45,99
Měření 2	5	500	-39,03
Měření 3	5	500	-46,13
Měření 4	5	500	-40,07
Měření 5	5	500	-40,16
Měření 6	5	500	-38,50
Měření 7	5	500	-45,90
Měření 8	5	500	-40,88
Měření 9	5	500	-44,70
Měření 10	5	500	-38,93

Tabulka D.25: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	1000	-54,03
Měření 2	5	1000	-62,27
Měření 3	5	1000	-62,26
Měření 4	5	1000	-55,08
Měření 5	5	1000	-63,84
Měření 6	5	1000	-53,71
Měření 7	5	1000	-62,93
Měření 8	5	1000	-54,65
Měření 9	5	1000	-61,56
Měření 10	5	1000	-61,93

Tabulka D.26: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	2000	-61,06
Měření 2	5	2000	-58,66
Měření 3	5	2000	-62,12
Měření 4	5	2000	-62,43
Měření 5	5	2000	-60,72
Měření 6	5	2000	-57,00
Měření 7	5	2000	-60,98
Měření 8	5	2000	-61,15
Měření 9	5	2000	-60,56
Měření 10	5	2000	-62,70

Tabulka D.27: *Tabulka naměřených hodnot*

---

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	4000	-73,95
Měření 2	5	4000	-75,95
Měření 3	5	4000	-78,24
Měření 4	5	4000	-75,31
Měření 5	5	4000	-76,88
Měření 6	5	4000	-78,12
Měření 7	5	4000	-76,28
Měření 8	5	4000	-73,04
Měření 9	5	4000	-74,93
Měření 10	5	4000	-75,83

Tabulka D.28: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	5	8000	-68,08
Měření 2	5	8000	-71,87
Měření 3	5	8000	-65,13
Měření 4	5	8000	-65,15
Měření 5	5	8000	-79,88
Měření 6	5	8000	-67,26
Měření 7	5	8000	-73,10
Měření 8	5	8000	-65,34
Měření 9	5	8000	-78,02
Měření 10	5	8000	-64,91

Tabulka D.29: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	125	-47,34
Měření 2	7	125	-47,60
Měření 3	7	125	-48,48
Měření 4	7	125	51,78
Měření 5	7	125	-48,55
Měření 6	7	125	-46,87
Měření 7	7	125	-42,75
Měření 8	7	125	-45,92
Měření 9	7	125	-45,64
Měření 10	7	125	-45,25

Tabulka D.30: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	250	-39,44
Měření 2	7	250	-33,68
Měření 3	7	250	-36,86



---

Měření 4	7	250	-44,16
Měření 5	7	250	-35,14
Měření 6	7	250	-33,31
Měření 7	7	250	-35,05
Měření 8	7	250	-43,02
Měření 9	7	250	-34,08
Měření 10	7	250	-39,01

Tabulka D.31: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	500	-43,81
Měření 2	7	500	-44,78
Měření 3	7	500	-50,51
Měření 4	7	500	-51,13
Měření 5	7	500	-46,66
Měření 6	7	500	-42,12
Měření 7	7	500	-44,69
Měření 8	7	500	-50,72
Měření 9	7	500	-49,20
Měření 10	7	500	-46,25

Tabulka D.32: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	1000	-54,49
Měření 2	7	1000	-60,88
Měření 3	7	1000	-57,11
Měření 4	7	1000	-56,04
Měření 5	7	1000	-56,64
Měření 6	7	1000	-53,32
Měření 7	7	1000	-54,25
Měření 8	7	1000	-55,85
Měření 9	7	1000	-59,01
Měření 10	7	1000	-53,15

Tabulka D.33: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	2000	-46,52
Měření 2	7	2000	-43,46
Měření 3	7	2000	-68,23
Měření 4	7	2000	-46,44
Měření 5	7	2000	-57,93
Měření 6	7	2000	-67,10
Měření 7	7	2000	-57,87

---

Měření 8	7	2000	-46,45
Měření 9	7	2000	-46,39
Měření 10	7	2000	-42,80

Tabulka D.34: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	4000	-78,11
Měření 2	7	4000	-71,12
Měření 3	7	4000	-70,33
Měření 4	7	4000	-60,20
Měření 5	7	4000	-62,27
Měření 6	7	4000	-70,02
Měření 7	7	4000	-61,07
Měření 8	7	4000	-65,05
Měření 9	7	4000	-70,20
Měření 10	7	4000	-66,80

Tabulka D.35: *Tabulka naměřených hodnot*

	Natažení [N]	Frekvence [Hz]	Amplituda [dBV]
Měření 1	7	8000	-66,04
Měření 2	7	8000	-69,87
Měření 3	7	8000	-78,62
Měření 4	7	8000	-74,56
Měření 5	7	8000	-69,70
Měření 6	7	8000	-75,96
Měření 7	7	8000	-68,09
Měření 8	7	8000	-70,04
Měření 9	7	8000	-65,78
Měření 10	7	8000	-63,69